



Energía eléctrica

Ing. José Arrojo

Director de Tecnología e Innovación de Endesa

1/13

Ing. Carlos Pierro:

José Arrojo de Lamo es Ingeniero Industrial de la Universidad de Comillas, es NBA del Instituto de Empresas. Comenzó en 1989 su carrera profesional en ABB de España, luego en la Dirección de Inversión y Tecnologías del Instituto de Industria. En 1997 se incorporó a Endesa donde actualmente es Director de Tecnología e Innovaciones.

Ing. Jose Arrojo:

Muchísimas gracias. Quería en primer lugar agradecer al CAI esta invitación y esta oportunidad que nos ha brindado de compartir con ustedes estas visiones y experiencias de Endesa en lo que es el panorama energético mundial y en las nuevas tecnologías que hoy tenemos sobre la mesa, que son las que voy a tratar de describir, y especialmente agradecerle al Presidente de la Semana de la Ingeniería, Don Miguel Beruto.

Voy a empezar describiendo una panorámica de la capacidad que se instala cada año en el mundo. Hay 1.000 fuentes, pero son todas muy parecidas. Éstas son, por ejemplo, previsiones de General Electric, pero repito, hay 1.000 iguales. Yo creo que lo importante es saber que hoy en día en el mundo cada año de media se instalan 146.000 MW. Son 7 Argentinas, más o menos. Y se instalan primero con la dimensión que se ve ahí en el gráfico. Aquí aparecen, sobre todo, China, Europa del Este, y también Norteamérica. Y también con las tecnologías que se ven aquí. Hoy en día en el mundo se están instalando 8.000 MW nucleares, 8 centrales de 1.000 MW, y si un año no se instalan 8 quiere decir que al año siguiente se instalan 16 porque la media desde luego es ésa.

¿Saben ustedes que hoy en día hay 35 centrales nucleares en construcción en el mundo y 153 proyectos en distinto grado de avance? Las renovables, sobre todo eólica, están instalando del orden de 21.000 MW al año, hidráulica y combustibles fósiles concentran del orden de 100.000 MW al año, es decir, seguimos dependiendo –a pesar de los esfuerzos y de la sensibilidad al cambio climático- de los combustibles fósiles.

Esto mismo en términos de energía y no de potencia instalada, nos da el mismo mensaje. En este momento en el año 2000 tenemos un 65% de energía producida en el mundo con combustibles fósiles y las previsiones que tenemos al año 2020 es que eso



Energía eléctrica

Ing. José Arrojo

Director de Tecnología e Innovación de Endesa

2/13

no sólo se va a mantener sino que se va a incrementar ligeramente. Vamos a estar en el orden del 67-68% de energía en el mundo a base de combustibles fósiles. La verdad es que la cuenta es bien fácil de hacer en la medida en que todo lo que no es esta franja del medio, de combustibles fósiles, es la parte nuclear, que tiene un crecimiento limitado como hemos visto antes, y la parte hidráulica que está también agotada en la medida de lo posible. Hay algunos entornos como el latinoamericano o sudamericano, donde hay aún un potencial hidráulico importante. Pero en definitiva, ese 13 ó 15% nuclear y ese 20% hidráulico es lo más que podemos esperar de cosas que no sean combustibles fósiles.

Por tanto, la política energética –no sólo en Europa, que es la que ha plasmado este cuadro, sino en cualquier lugar del mundo- es una política que tiene que atender siempre a un triángulo donde no podemos dejar de lado ningún vértice.

Tenemos que atender por supuesto al coste, que es donde siempre nos gusta fijarnos, a la competitividad, pero sin dejar de ver la seguridad de suministro y los temas medioambientales. Y todo eso implica hablar de muchas más cosas en segunda derivada. Implica hablar de desarrollo de interconexiones –ahí en España estamos especialmente sensibles, porque toda la red europea está interconectada. Menos España, que a estos efectos es una isla eléctrica, porque tenemos sólo dos líneas de 400 KV con Francia, que apenas tienen una capacidad de conexión del 4 al 5% de nuestra punta-.

Hay que hablar de diversificación de tecnologías, que es lo que les voy a contar hoy a lo largo de esta pequeña charla, y aquí veremos que tendremos que contar con todas. Es difícil prescindir de alguna de ellas y ahora lo veremos. Hay que hablar de desarrollo de mercados, porque al final las reglas del mercado se imponen. Hay que hablar de diálogos aguas arriba con los productores de materias primas –y de eso me consta que aquí en la Argentina saben mucho-. Y hay que hablar, por supuesto, de tecnologías de I+D y de eficiencia energética. Yo creo que de esto se trata el cuadro, pero querría repasar un poquito por dónde va lo que es una política energética sostenible. Cuidado con la palabra “sostenible”, porque estos tienen que ser temas de largo plazo.

Todas las tecnologías tienen sus pros y contras. Nosotros valoramos en 6 ejes la potencialidad o la bondad de cada tecnología, y, como ven ahí, no hay ninguna que saque



Energía eléctrica

Ing. José Arrojo

Director de Tecnología e Innovación de Endesa

3/12

sobresaliente en los 6 ejes. Hay que valorar la dependencia energética y la garantía de suministro, la reserva, el coste, la volatilidad del coste. No sólo el coste, sino cómo va a evolucionar. Podemos tener un coste muy bajo, como pasa con el gas aquí, pero hay que ver adónde se va ir o adónde va a evolucionar, y también las emisiones, porque hoy en día todos los temas de CO₂ o en general los gases de efecto invernadero marcan mucho.

Y aquí en este gráfico se ve que tendremos que contar con todas en un adecuado mix y la política energética va de equilibrio entre todas las tecnologías.

La clave, como digo, entonces, está en la diversificación. “Diversificación” es una palabra importante. Tendremos que contar con un conjunto de cosas, y cada una es buena para uno de los aspectos que hemos hablado. Y tenemos que hablar mucho de eficiencia. Veremos a lo largo de la presentación que el KV/h más limpio de todos es el que no hace falta producirlo porque no lo hemos consumido. Entonces, mucha eficiencia, tanto en el consumo como en la generación. Y por tanto esto es un tema que afecta a todo, no sólo al sector eléctrico. Aquí hay temas de arquitectura bioclimática y temas de edificios, hay temas de energías renovables, hay temas de biocombustibles, hay temas nucleares -ya pensando en la 4^a generación o la 3^a _ en la que estamos-, hay temas de almacenamiento de CO₂ y hay temas de redes, porque también el transporte y la distribución tienen su cuota en esta parte del problema y también en la parte de la solución.

Vamos a echar un vistazo al tema de cambio global, de calentamiento global y cambio climático –que es un tema que se ha puesto de moda en los últimos 3 años-. En el año '90 se emitían casi 17.000 millones de toneladas de CO₂ en el mundo. Y hoy en día –en el año 2003, hace un par de años, con un poco más- estamos cerca de 20.000 millones de toneladas de CO₂. Aparte del CO₂ luego hay otros gases que también acumulan efecto invernadero y por tanto –estas cifras, repito, son de CO₂- hay analistas que hacen cálculos globales basados más en el equivalente de CO₂ de todos los gases de efecto invernadero. Lo único que quería mostrarles es primero cómo evoluciona el crecimiento de todo esto en cada una de las partes del mundo.

En Europa hemos hecho un esfuerzo importante. En 10 años hemos pasado sólo de 4 _ a 4,7 miles de millones de toneladas, es decir, un 4%. Sin embargo vemos que los



Energía eléctrica

Ing. José Arrojo

Director de Tecnología e Innovación de Endesa

4/12

crecimientos grandes están en India y en China. Y eso tiene que ver con la tecnología y luego lo veremos. Es decir, que el problema del cambio global, es un problema de todos, no alcanza con que la UE haya puesto objetivos muy ambiciosos, como se refería al principio de la presentación. Y ahora veremos un poco qué parte nos toca al sector eléctrico.

El sector eléctrico es responsable más o menos del 30% de esas emisiones de CO₂, y por tanto, esas 16.000 toneladas que veíamos del año 2003, hablando del sector eléctrico tenemos que referirnos a 6,3. Hoy en día estamos en –por poner números redondos- 7.000 millones de toneladas de CO₂. Y la tendencia es que ya el año que viene China va a superar a EE.UU. en las emisiones. En el año 2010 este 3,4 que ven aquí ya estará por encima del 3 ó del 2,9 de EE.UU. Eso va a ser ya el año que viene, a finales de 2008. Por tanto, cuando pensemos ya en términos del año 2020, tenemos que ver que todo el problema de las emisiones de CO₂ está en países que hoy en día están empezando a crecer y están adoptando tecnologías y que lógicamente nos van a decir “no venga usted ahora a pararme, que yo lo único que he hecho es poner las centrales que usted ha tenido durante toda la vida. Y ahora que las empiezo a poner, habrá que ver qué hacemos con eso”.

Esto del CO₂ al final es un problema que involucra muchas cosas. Aquí hay un tema primero de tecnología, porque hay que ver las emisiones que cada tecnología emite. No es lo mismo una central de carbón, que una planta de gas, que una planta eólica. Hay que ver también la intensidad económica, la energía por Producto Interior Bruto que tenemos en cada país. Hay que ver, por supuesto, el nivel de riqueza o de Producto Interior Bruto por cápita, y luego por la población. No emiten lo mismo 3.000 millones de chinos que 40 millones de argentinos. Saben ustedes que todos nosotros de media emitimos del orden de 4 toneladas de CO₂ al año. Los españoles, 10; ustedes, no lo sé muy bien, supongo que menos, pero la media en el mundo es de 4 millones de toneladas. Y por tanto aquí tenemos que hablar de tecnología en esta primera parte, y tenemos que hablar de eficiencia en esta segunda.

Hay una manera de visualizar esto bastante bien, que presentó el Prof. Sokolow hace 3 años en Princeton, y a mí es la que más me gusta, porque la teoría es muy sencilla y muy fácil de ver. El Prof. Sokolow lo único que dijo es: “Si estamos hoy en día en 7.000 millones de toneladas de CO₂ en el sector eléctrico y la tendencia es la que lle-



Energía eléctrica

Ing. José Arrojo

Director de Tecnología e Innovación de Endesa

5/12

vamos en los últimos 50 años, donde hemos pasado prácticamente de 0 a 7, pues en los próximos 50 años pasaremos a 14, si no hacemos nada. ¿Cómo podríamos evitar pasar de 7 a 14? Estos triangulitos de aquí, vamos a asignar $1/7$ del problema a cada una de las tecnologías que todo el mundo pone hoy en la mesa. Y en vez de pelearnos por decir cuál es mejor o cuál es peor, vamos a darle a cada una de ellas $1/7$ del problema y vamos a ponerlo en forma de números. Y vamos a ver qué significa eso.

Pues eso significa lo siguiente: para aquellos que les gusta solucionar el problema por la vía de la energía solar o fotovoltaica, eso significa que $1/7$ del problema se conseguiría sustituyendo centrales emisoras de CO₂ por 2.000 GV, 2 millones de MV, de energía solar. ¿Eso es mucho o es poco? Es 700 veces lo que hay hoy en el mundo. Hay que tomar todo lo que hay y hacerlo 700 veces para solucionar ese problema. Y eso son 2 millones de ha. Es que ya por lo menos le ponemos números al problema. Los que prefieren ir por la vía de las centrales de carbón limpio. Tenemos que conseguir que 800.000 centrales de 1.000 MV, 800 GV, adopten sistemas de captura y secuestro de CO₂ y almacenamiento seguro.

Lo mismo por la parte nuclear. En vez de 800.000 serían 700.000 porque producen un poquito más de horas.

Por la vía del viento. Las renovables, que hoy en día están tan de moda. El solucionar $1/7$ del problema significa instalar 1 millón de aerogeneradores de los de 2 MV, de los grandes. ¿Un millón de aerogeneradores de 2 MV es mucho o es poco? Es 40 veces lo que hay hoy en el mundo. Tomemos todo lo que ya hay, multipliquémoslo por 40, y tenemos $1/7$ del problema solucionado.

Y lo mismo podemos hablar con los coches. Tendríamos que tomar 2.000 millones de coches y hacer que, o bien dejen de conducir 10.000 millas al año, y conduzcan la mitad, o bien dejen de consumir 30 o el equivalente a hacer 30 millas por galón, y consigan un consumo mejor para hacer 60 millas por galón.

Es decir que yo creo que todo esto le pone un poquito de números al problema del CO₂ en el sector eléctrico. Por tanto, la estrategia de una compañía como la nuestra, la estrategia de Endesa, es que todas las actuaciones que hacemos en tecnología en el fondo van encaminadas a esta lucha contra el cambio climático. Aquí tenemos proyec-



Energía eléctrica

Ing. José Arrojo

Director de Tecnología e Innovación de Endesa

6/12

tos de carbón limpio, proyectos de ecoeficiencia, una iniciativa nueva desde hace 2 años, que es toda la conservación y la potenciación de la biodiversidad y de los entornos naturales. En Endesa descubrimos hace poco que teníamos 80.000 millones de m² en parajes con protección natural, que habían ido formando parte de nuestro patrimonio por muy distintos motivos. Porque compramos una bahía en el Sur de España para hacer una nuclear hace 20 años y nunca se hizo; porque compramos un trozo de la selva fría del Gunay en el Sur de Chile; porque heredamos toda la parte Sur de Sierra Nevada para unos complejos hidráulicos. Todo eso suman 80.000 millones de m², que también tiene que ver con el cambio climático. Un árbol captura 10 ton de CO₂, y también ahí tenemos que dedicarnos. También a las redes, las redes de transporte y distribución tienen su cuota en esta parte. Y, por último, las energías renovables y la nuclear.

Como decía antes, primero empecemos por la eficiencia. El 1º KV/hora es el que no gastamos, y aquí es un tema que afecta todo. Afecta a electrodomésticos en nuestras casas –yo no sé por qué no son ya todos de clase A. Eso de tener distintas clases, hagamos todos de clase A y punto-. Afecta a temas de iluminación, los lets de los semáforos, de todo. Yo aquí no me voy a extender en la eficiencia.

Por la parte de la generación ¿qué nos ofrece la tecnología hoy en día? Si vamos a plantas de carbón normal, hoy en día podemos andar entre el 38% de rendimiento y a base de subir temperaturas, la tecnología a medio plazo nos va a permitir llegar al 48-50%, pero no más. De ahí no vamos a pasar. En lecho fluido a presión, igual. Por la parte de las turbinas de gas, en ciclo combinado, podemos andar por el 55-57-58, esto es todo lo que podemos esperar, y en ciclo abierto, como mucho, el 40%.

A veces creo que nos cuesta hacer tangibles estas cifras. Un 1% de rendimiento en un ciclo combinado de los de 400 MV supone un ahorro de costes de 1 millón de Euros al año, que no está mal, y supone evitar 1.500 ton de CO₂ cada año a la atmósfera. Luego, un puntito de rendimiento que consigamos siempre es importante.

¿Por dónde va la estrategia de carbón limpio en el mundo? La estrategia de carbón limpio –yo ahora describiré el modelo europeo y lo que está haciendo Endesa ahí- es una escalera donde los escalones rojos –éstos que ven aquí- van bajando poco a poco hasta llegar al concepto de 0 emisiones, que es el concepto que en la UE nos hemos



Energía eléctrica

Ing. José Arrojo

Director de Tecnología e Innovación de Endesa

7/12

marcado para el año 2020.

Hoy en día en el mundo las centrales de combustibles fósiles tienen de media un rendimiento del 30%. Por tanto, dándole la vuelta, consumen prácticamente 500 gr de carbón por cada KV/h que generan y emiten más de 1.000 gr de CO₂ por cada KV. Eso es en el mundo.

¿Dónde estamos en los países algo más desarrollados, en la Europa de los 25? Nuestro parque de centrales fósiles tiene un rendimiento al 38%, por tanto ya consumimos menos de 400 gr de carbón por cada KV/h y emitimos menos de 900.

Hoy en día la tecnología, tanto en carbón pulverizado como en supercríticas, permite ya pensar en plantas de más de un 50% de rendimiento, lo cual significa consumir menos de 300 gr de carbón para cada KV/h, y sobre todo ya emitir menos de 700 gr de CO₂ por cada KV/h. Y esto es lo más que podemos esperar hoy en día en lo que es combustión fósil, sin hacerle nada más a la central. Para avanzar hasta este concepto de 0 emisiones, tendremos que avanzar un poquito más en las cosas que ahora vamos a ver:

Tenemos que avanzar en la captura. La captura del CO₂ –no me gusta mucho la palabra “secuestro”, que viene del inglés, porque “secuestro” y “CO₂” son dos palabras que ya por separado irritan; entonces, los ingleses llaman CCS-. La captura, el problema que tiene es que tiene un elevado coste. Hay que tocar la central. Me da igual que la hagamos en precombustión que en postcombustión, o durante la combustión, ahora hablaremos de eso. El objetivo que nos hemos marcado en Europa es no superar los US\$25-30 por ton de CO₂, porque si no se pierde totalmente la competitividad de estas centrales de combustibles fósiles.

Pero el problema no es la captura. El problema es qué hacemos con el CO₂ que hemos capturado. Yo me iría directamente a la parte del almacenamiento o destrucción. No vamos a desarrollar a escala industrial tecnologías de captura hasta que no esté resuelto el almacenamiento. Y éste es un problema de aceptación social muy importante. Es decir, la sociedad no nos va a perdonar el que el CO₂ lo tomemos y lo inyectemos en el suelo y digamos “aquí no ha pasado nada”. Entonces yo empezaría hablando por ahí, que es lo importante.



Energía eléctrica

Ing. José Arrojo

Director de Tecnología e Innovación de Endesa

8/12

La captura de CO₂ se puede hacer, como ustedes saben, de 3 maneras distintas. Hay tecnologías que la hacen en precombustión, quiere decir que, antes de meter la energía química del carbón a la caldera hemos sido capaces en lo posible de eliminar el CO₂ –eso normalmente se hace gasificando el carbón- entonces, todas las tecnologías, y en España tenemos una central, Elcogás, que gasifican previamente el carbón y luego ya hacen la combustión, pues pueden lograr valores muy eficientes en la captura.

Y por aquí va hoy en día el mundo, en la mayoría de los países y los tecnólogos que están intentando capturar. Los costes de captura del CO₂ bajan a medida que nos vamos a, bien captura durante la combustión, o bien captura en precombustión. Durante la combustión se puede capturar también el CO₂. Una manera, por ejemplo, es la oxidación. Nosotros estamos lanzando en España la primera planta de oxidación en Compostilla, en lecho fluido, que no es ni más ni menos que hacer la combustión en una atmósfera mucho más rica en oxígeno, idealmente 100% O₂. En vez de tener de comburente aire, tenemos de comburente O₂. Un enriquecimiento tan grande en O₂ hace que el O₂ se pegue de manera natural a los átomos de C de los hidrocarburos y también a los átomos de H, y tenemos separadas corrientes de CO₂ o de H₂O; entonces, separamos CO₂ y agua a medida que aumentamos el enriquecimiento en O₂.

Y luego hay muchas tecnologías de hoy en día en postcombustión, porque las corrientes de gases que hay que tratar en postcombustión es muy elevada. Entonces, hay filtros de membranas, hay absorción química, hay absorción física; pero el problema de todo eso es que cuando uno se va al final de la cadena, sale carísimo.

¿Qué se está haciendo en el mundo? El mundo está corriendo muy deprisa. Los norteamericanos, a través del DOE, han lanzado el Programa Futurien. Es una planta de 275 MW, US\$ 950 millones de presupuesto, es una planta IGCC de gasificación integrada, que además quiere producir H₂, y quieren tener la operativa en el año 2012. Todas estas empresas están trabajando en ese proyecto y la administración norteamericana está poniendo US\$ 300 millones cada año para combustión limpia.

¿Qué estamos haciendo en Europa? En Europa hemos lanzado algo parecido. La pla-



Energía eléctrica

Ing. José Arrojo

Director de Tecnología e Innovación de Endesa

9/12

taforma europea Zero Emissions, Endesa tiene la Vicepresidencia de esa plataforma y un vocal –creo que nosotros hemos nacido quemando el carbón en el año '44, y, por tanto, todos estos temas son de absoluta prioridad- y esta plataforma está poniendo los proyectos demostradores en Europa, para llegar al año 2020 al menos con unas plantas piloto.

¿Qué están haciendo los australianos, que son otros grandes productores de carbón? Pues lo mismo. En vez de Futurien le llaman Zeroien a su iniciativa. Están haciendo también un IGCC, igual que los norteamericanos, 100 MV, por educación no dan ni el precio, pero también para capturar el CO₂.

En Europa Siemens, por ejemplo, está haciendo supercríticas. En este caso para Australia pero también para Alemania. Ya con altas temperaturas y altas presiones. Siemens está trabajando para RUW en una planta de IGCC de 450 MV también. Es decir, aquí tienen el coste. A medida que nos vamos a tecnologías donde la captura es precombustión, el coste podemos bajarlo por debajo de los US\$30 por ton. Hay una empresa, que es Vattenfall que tiene la Presidencia de la plataforma europea, que está trabajando en la oxicomustión. Como les comentaba antes el proyecto de Endesa. Una planta pequeña piloto de 30 MV.

Y en definitiva aquí tienen el mapa de por dónde va el mundo. Las cosas que están en rosa son estudios. Lo que está en azul más clarito son proyectos en construcción. Y lo que se supone que va a ser el azul oscuro va a ser la operación. Pero tanto los norteamericanos como los australianos, Canadá, E.ON, los chinos, los alemanes, todo el mundo se ha movido en ir probando distintas tecnologías, igual que estamos haciendo en Europa.

¿Qué hemos hecho en Endesa? Endesa fue una empresa pionera en todo lo que es la quema de carbón. Nosotros hemos desulfurado ya en los años '90, gastamos 250 millones de Euros de los de hace 15 años, en desulfurar nuestros grupos de la central de Teruel, un grupo de Compostilla, hemos hecho también en Fiume Santo y en Monfalcone en Italia desulfuración, y lo mismo en las plantas francesas de Miluchette y Provence Hicimos el proyecto Elcogás hace 10 años, cuando era aún una tecnología muy controvertida, y ahora es por donde va el mundo, en lo que es captura de CO₂, en la gasificación del carbón. Estamos sustituyendo quemadores en todo nuestro par-



Energía eléctrica

Ing. José Arrojo

Director de Tecnología e Innovación de Endesa

10/12

que de centrales de combustibles fósiles, y también estamos, por supuesto, en todos los temas de renovables, que ahora les presentaré.

En lo que es la cadena del CO2 lideramos la Plataforma Española del CO2, el Consorcio Nacional del CO2 que ha lanzado el Ministerio de Industria y el Programa Singular Estratégico del CO2 del Ministerio de Educación. No podemos liderar más cosas porque ya no hay más. Pero la vocación que tiene Endesa es de liderar todos los consorcios nacionales o internacionales que tengan que ver con carbón limpio.

Y estamos trabajando, como les decía, tanto en la reducción en origen, la captura durante la combustión, transporte, almacenamiento y luego, no sólo destrucción o enterramiento, sino también valorización. Estamos trabajando en la polimerización con CO2, podemos hacer ceniceros con CO2; estamos trabajando con el ataque anaerobio; estamos atacando el CO2 con algas que comen el CO2; estamos haciendo ataques de fotosíntesis a la molécula de CO2 –quiere decir, la molécula de CO2 no sólo hay que meterla debajo de la alfombra, se puede romper.

Por la parte de transporte y almacenamiento estamos haciendo sondeos geológicos y viendo cuáles son las zonas de mejor idoneidad para almacenar el CO2. Y por la parte de eficiencia energética y de procesos también. Esto es un itinerario que converge en el 2015 para poder preparar las plantas comerciales que Europa nos exija en el 2020. Y eso es un poquito nuestra hoja de ruta.

En la energía nuclear hoy en día, por dar una pincelada, las tecnologías disponibles en el mundo son los avanzados de Boiling, que General Electric tuvo toda la vida, el último grito que tienen es el Economic Simplified – ESBWR. Son centrales que han reducido drásticamente la inversión inicial. Estamos hablando ya de 1.400 Euros por cada KV instalado, nada que ver con las cifras que se han manejado en otros entornos. Estamos hablando de un 25% menos de coste de operación, y, por tanto, 5 Euros MV/h sin desmantelamiento, ó 8 Euros MV/h con desmantelamiento. Y estamos hablando de un período de construcción de no más de 50 meses. Esto es lo que General Electric está construyendo 15 centrales en el mundo. No es con esta tecnología, es con la anterior, con ABWR, pero es la misma filosofía.

Westinghouse sigue con su avanzado DPWR, que son las centrales que tenemos en España básicamente. Y luego los consorcios europeos de la antigua Pharmaton-



Energía eléctrica

Ing. José Arrojo

Director de Tecnología e Innovación de Endesa

11/12

Siemens, el reactor europeo Areba, que se está construyendo en Finlandia –como nota curiosa, lo están construyendo un grupo de papeleros, hartos de pagar la electricidad cara, y están haciendo su propia central nuclear-.

No voy a entrar en lo que es la 4ª generación, simplemente indicarles que todos los diseños que se están preparando con sales fundidas con altas temperaturas son centrales nucleares que lo único que pretenden son 4 cosas:

Que no puedan construirse con ellas armas de destrucción masiva.

Que el coste de instalación baje drásticamente.

Que los residuos bajen drásticamente.

Que sean centrales absolutamente seguras.

Esas 4 características es lo que persigue la 4ª generación.

En el mundo de la fusión hemos tenido la suerte en España de que el ITER, aunque ha caído en Francia, ha dejado en Barcelona la oficina técnica y de I+D, y, por tanto, vienen 2.000 millones de Euros para España para investigación sobre fusión y por tanto Endesa está también en la plataforma de fusión.

En energía eólica, simplemente decirles que la evolución del tamaño de las máquinas, que se ve en esta curva de aquí, ha llegado a un nivel tal, que hoy en día ya hay máquinas de 5 MW que tienen una altura de 120 m y un diámetro de rotor de 115, que es bastante mayor que el Airgus.

Y esto es lo que hoy en día se da en el mundo:

A medida que subimos potencias los problemas que están apareciendo, ya vienen de la pala, ya vienen del control de todo el engranaje y de todo el sistema de excitación y de producción de electricidad aquí, que tienen que ser máquinas síncronas, lógicamente, con toda la problemática asociada. Pero hoy en día la energía eólica es plenamente comercial. Nosotros tenemos en España 12.000 MW eólicos al día de hoy, más que el parque térmico de Argentina, y es un tema que lo único que sí les tengo que decir es que el precio se está disparando hacia arriba. Porque es un mercado de demanda infinita y oferta limitada. Y los tecnólogos lo saben y hoy en día el precio de un aerogenerador está subiendo. Podemos estar hablando del orden de estos 1.100 Euros/KW, pero, repito, subiendo. Estamos haciendo algún proyecto de I+D en Endesa, asociando aerogeneradores a producción de H.



Energía eléctrica

Ing. José Arrojo

Director de Tecnología e Innovación de Endesa

12/12

En energía solar, donde en España también hemos lanzado muchísimos proyectos, creo que la fotovoltaica de concentración tiene un recorrido tecnológico importante, porque ya en las células de concentración con 2, 3, incluso 4 uniones podemos empezar a pensar en eficiencias del 30 ó del 35%. Hoy en día, ustedes saben que a cada m² de la Tierra, el Sol le manda 1.000 W, pero de esos 1.000 sacamos 100. El día que de esos 1.000 saquemos 300, la energía fotovoltaica habrá pegado un salto importante. Pero aquí también hay un tema regulatorio. Hoy en día el coste de producción en España ronda los 280 Euros/MV. Está retribuida a 420 Euros/MV. Mientras sea así, esto se desarrollará, pero, repito, hay que pagar esos 280 Euros/MV.

Y en lo que es solar de alta temperatura, lo que tenemos son las dos tecnologías en España, tanto los colectores cilíndricos parabólicos, como las centrales de torre más heliostatos, que apuntan a un solo punto y consiguen mayores temperaturas.

Aquí, simplemente decirles que Endesa está trabajando en el I+D de los colectores cilíndricos, porque aquí hay un problema, que es una barrera para el rendimiento importante. Mientras el fluido que vaya por el eje de estas parábolas siga siendo aceite, no podemos pasar de los 400°, y por tanto el rendimiento de ese ciclo que es un ciclo de agua-vapor será muy bajo. Endesa está investigando en la producción directa de vapor en los tubos, que esos tubos puedan evaporar agua –lo cual es harto complicado, porque la evaporación en tubos horizontales ustedes saben que no es fácil- pero queremos pasar de 500° y por tanto, si fuera así, sí que estaríamos dispuestos a hacer muchísimas más inversiones en centrales termo-solares. Porque con más de 500° podemos subir 8 puntos el rendimiento.

Y estamos trabajando también con almacenamiento de energía para que estas centrales sean despachables. Hemos pasado ya por la fase de sales fundidas. Estamos ahora investigando en materiales porosos para darles muchísimas más horas de operación a estas centrales.

Y acabo con unas breves palabras sobre el H, porque el H yo creo que hoy en día –aunque la economía del H está lejos de ser comercial, en lo que es el sueño que algunos piensan en cuanto a una visión a futuro de que todo pueda ser H, coches de H, y gasolineras de H, y producción de H- pero yo creo es que lo que sí es verdad es que



Energía eléctrica

Ing. José Arrojo

Director de Tecnología e Innovación de Endesa

1/3

el H nos marca un camino. Nos marca un camino en emisiones –fíjense que a medida que hemos pasado de carbones pobres o menos pobres a gas natural, lo que hacemos es aumentar la proporción de “haches” frente a las “ces”. A medida que consigamos que todos sean “haches” y no haya ninguna “ce”, las emisiones irán a 0, pero es que además el rendimiento va para arriba-. El H está presente en todas partes, lo que pasa es que no es un recurso, hay que producirlo, y producirlo es caro. Los procesos que hay de electrólisis, de reformado o de gasificación del H hoy en día son muy caros - aquí hay una serie de costes de producción en los que no quiero detenerme-. Hoy en día se producen 470 bcm de H en el mundo, pero se consumen prácticamente en toda la industria química y petroquímica. Entonces, ése será el futuro, pero es una tecnología que todavía le falta desarrollo. Y luego además tiene el problema de su baja densidad. Tiene un alto poder calorífico, 3 veces la gasolina, pero cuando la expresamos no en julios/kg sino en julios/m³, tenemos que llevar estos tanques de H en este tamaño de coches, y eso lo hace complicado.

Y acabo ya hablando de las redes, porque les dije al principio que también hay mucha tecnología en redes. Hoy en día todo el mundo va por el paradigma de redes inteligentes. Me da igual lo que en Europa llaman “SmartGrids”, los norteamericanos llaman “InteliGrids” o nosotros en Endesa llamamos “Consortio Denise”, que es un consorcio gubernamental que lidera también Endesa, y que consiste simplemente en empezar a crear muchísimo más valor sobre todo lo que va en las redes.

Las redes inteligentes tienen que ser redes adaptativas, que sepan predecir la demanda, reconfigurarse, actuar de una manera mucho más descentralizada y operar en tiempo real. Y toda esa inteligencia al final hará redes mucho más fiables, seguras y eficientes. Éste es el Consortio Denise que tenemos en España. Hay 15 empresas y 15 universidades trabajando en un proyecto de 30 millones de Euros, a 4 años, y básicamente lo que consiste es, sobre la capa física: transformadores, interruptores, etc. Poner distintas capas de sensores, control, programas de cálculo en tiempo real, gestión, etc.; que tienen que ser capas que hoy en día el mundo las está universalizando y está haciendo protocolos estándares.

El protocolo 61850, por ejemplo, es ya una realidad. Hoy en día en una subestación se enchufa el portátil en un bus de campo, y desde ahí se programan todas las portaciones de una subestación. Bueno, pues por aquí va el mundo. A mí no me queda más