



 Economía

# La energía de fusión

Rogelio Pontón

La energía de fusión sigue estando en el futuro, aunque en un futuro cada vez más cercano. De hecho, las estrellas funcionan con energía de fusión. El sol que tiene alrededor de 5.000 millones de años, y que está en la mitad de su vida, es una prueba de que es factible. Los trabajos teóricos de Carl von Weisaecker y de Bethe, en la década del '30, mostraron como la fusión de núcleos de hidrógeno produciendo helio, libera energía.

A diferencia de la energía nuclear de fisión, por la que partiendo de un elemento pesado (uranio u otros) se rompe el núcleo liberando energía, la energía de fusión, como en el sol, parte de la unión de los núcleos del elemento más liviano que es el hidrógeno o, más concretamente, el deuterio.

Las centrales de energía nuclear de fisión prosperaron entre los años '50 y 70 en razón a que tiene algunas ventajas con respecto a la utilización de centrales térmicas a carbón, petróleo o gas, en el sentido que no produce grandes cantidades de gases de efecto invernadero. De todas maneras, tienen el inconveniente que por problemas técnicos o ambientales, un mal funcionamiento puede producir un desastre de proporciones. Es lo que ha ocurrido en 1979 en Three Mile Island (Estados Unidos), accidente que felizmente fue controlado, no así el que se produjo en 1986 en Chernobil (URSS) que fue de consecuencias devastadoras. También ha sido grave el accidente que se produjo en Japón el 2012.

A partir de los mencionados accidentes existe una tendencia a frenar la construcción de nuevas centrales nucleares de fisión. En EE.UU., concretamente, la última se empezó a construir en 1977 y la capacidad nominal producida por sus centrales nucleares ha evolucionado muy lentamente en los últimos años. En el 2000 llegaba a 97.860 MW y en el 2010 a 101.167 MW (según datos del Electric Power Annual 2010).

Lo mismo hay que decir de lo que ocurre en Alemania, donde el gobierno ha anunciado el cierre de todas sus plantas nucleares de fisión hacia el 2023. Este país tiene en funcionamiento plantas nucleares con una capacidad de 21.000 MW.

Francia es el segundo país con una capacidad de 63.000 MW y Japón el tercero con una capacidad de 48.000 MW. A nivel mundial la capacidad es de 372.000 MW y en el año 2006 había en construcción 32.000 MW.

En un reciente libro el físico Kaku dice que otro de los problemas que plantea la energía nuclear (por fisión) es que, cuando se divide el átomo de uranio, se producen enormes cantidades de residuos nucleares, que permanecen radiactivos durante intervalos de entre miles y decenas de millones de años. Un reactor de 1.000 megavatios produce en un año unas 30 toneladas de residuos altamente radiactivos. De ahí que surge el problema de cómo guardar los mencionados residuos.

Nuestro país cuando se inaugure la planta de Atucha II, que será la tercera, tendrá una potencia de alrededor de 1.600 MW y, por tanto, cerca de 50 toneladas de residuos nucleares por año.

La energía por fusión tiene sobre la de fisión tres grandes ventajas. En primer lugar, el input a usar es el agua de mar ordinaria del cual existe una gran cantidad. Un vaso de agua de unos 225 gramos equivale a la energía contenida en

Pág 1





500.000 barriles de petróleo. En segundo lugar produce muy pocos residuos. En tercer lugar, su manejo es mucho más seguro. Sin embargo, el gran inconveniente que tiene es que todavía no ha entrado en funcionamiento ninguna central de fusión. Kaku estima que a mediados de siglo surgirán las primeras centrales eléctricas de este tipo.

La investigación a este respecto ha logrado grandes avances. Los principales proyectos existentes en materia de fusión son dos:

a) Fusión por Laser: es el proyecto NIF (Instalación Nacional de Ignición), que se desarrolla en Estados Unidos. Una pequeña bolita de la cabeza de un alfiler, de deuterio y tritio (isótopos del hidrógeno) es calentada por 192 rayos laser simultáneamente a una temperatura de 100 millones de grados. La superficie de esa bolita tiene que recibir la luz del laser con tanta precisión (no puede existir entre ellos un desfase mayor a 30 billonésimas de segundo) dado que en caso contrario la bolita no implosiona esféricamente y no se produciría la fusión.

b) Fusión en un campo magnético: es un proyecto internacional que funciona en Francia, llamado ITER (Reactor Experimental Termonuclear Internacional). En este proyecto se utiliza unos enormes campos magnéticos para contener el gas hidrógeno caliente, el cual se comprime al mismo tiempo que recibe una corriente eléctrica. La temperatura aumenta a millones de grados (un resumen de ambas experiencias se puede consultar en el libro mencionado de Michio Kaku, pág. 332-339, como así también en artículos que periódicamente aparecen en la revista "Investigación y Ciencia", versión en español de la publicación estadounidense).

Como un ejemplo de la convergencia entre la ciencia teórica y la técnica tenemos el proyecto NIF (Instalación Nacional de Ignición). Las investigaciones teóricas sobre la luz de Albert Einstein en 1905 y que luego continuaron otros eminentes físicos como Charles Townes y Arthur Schawlow, ambos Premios Nobel, por la creación del Laser, encuentra aplicación en el ámbito de la creación de energía.

Veamos algo más sobre el ITER. A este respecto se han publicado dos artículos en la revista "Investigación y Ciencia" (enero 2013), versión española de Scientific American.

El primero, titulado "Las piezas ausentes del proyecto ITER", escrito por Geoff Blumfiel, comienza recordando una reunión en un día frío y gris de noviembre de 1985, entre el entonces presidente de Estados Unidos, Ronald Reagan, y el ex premier de la exURSS, Mijaíl Gorbachov. El motivo de la reunión era la reducción por ambas potencias de los arsenales nucleares. Después de mucha discusión el objetivo no se logró. Sin embargo, a altas horas de la madrugada ambos líderes se pusieron de acuerdo en el compromiso de desarrollar una nueva fuente de energía "para el beneficio de toda la humanidad".

Aquel compromiso puso en marcha un proyecto que se considera la empresa científica más ambiciosa del siglo XXI: "un fárrago tecnológico que, si acaba funcionando como debiera, pondrá punto final a la crisis energética que afronta el planeta".

El proyecto produciría 10 veces más de energía que la necesaria para ponerlo en funcionamiento y consumiría casi exclusivamente hidrógeno, el elemento más abundante del universo.

Los países que se han sumado al proyecto son: La Unión Europea, Estados Unidos, Rusia, Japón, China, India y Corea del Sur.





En lugar de habilitar un fondo común de recursos, cada uno de los siete miembros produce las distintas piezas del proyecto que luego se ensamblan en el sur de Francia. Hace poco más de 1 año y medio solo había un agujero de 17 metros de profundidad. Hoy existen edificios que se pueden ver por internet en [www.iter.org](http://www.iter.org).

De todas maneras, la fecha de inicio de la gran máquina se pospuso primero de 2016 a 2018 y, ahora, a 2020. Se estima que los primeros experimentos de producción de energía serán hacia el 2026. De todas maneras, la ligazón de las primeras centrales de fusión a la red se estima para mediados de siglo.

La fusión nuclear se basa en la fórmula  $E = m.c^2$ , que nos dice que una masa ínfima puede generar una descomunal cantidad de energía.

La fusión opera a la inversa de la fisión: cuando dos núcleos de hidrógeno se unen, el resultado es un núcleo de helio, de masa algo inferior a la suma de las masas de ambos progenitores. Por unidad de masa, la fusión genera tres veces más de energía que la fisión.

Las dos grandes ventajas son: a) que la cantidad de hidrógeno es muy superior a la cantidad de uranio y b) que el helio resultante de la fusión no es radioactivo.

“El reto fundamental consiste en lo siguiente: para que dos núcleos de hidrógeno se fusionen, deben vencer la repulsión que experimentan las cargas del mismo signo. La estrategia adoptada por ITER consiste en calentar el hidrógeno en un recinto magnético. El dispositivo empleado recibe el nombre de tokamak, una cámara metálica toroidal rodeada por bobinas que generan campos magnéticos. Estos grilletes magnéticos confinan el plasma de iones de hidrógeno mientras este se calienta a millones de grados, una temperatura que ningún material sólido podría resistir”.

A partir de los primeros tokamaks (en los años '70) se comenzaron a hacer cada vez más grandes para soportar temperaturas mayores pero “cuanto mayor y más potente sea la máquina, más energía necesitará consumir para que todo se mantenga en su sitio”.

Nuevos desarrollos han mostrado que es más factible trabajar con deuterio y tritio, isótopos que se fusionan a presiones y temperaturas más bajas. “El deuterio abunda (una gota de mar contiene billones de átomos de deuterio), pero el tritio es exótico, radiactivo y caro. Los costes de construcción se estimaron en un principio en unos 5.000 millones de dólares. A mediados de los años noventa, sin embargo, una evaluación más exhaustiva duplicó el presupuesto”. En 1998, EE.UU. abandonaba el proyecto debido, en parte a la magnitud del gasto, pero volvería nuevamente en el 2003.

Las negociaciones siguen pero, mientras tanto, los gastos se duplican y se estiman en 20.000 millones

El artículo de Brumfiel no es muy optimista sobre el final feliz de la terminación del proyecto.

Mucho más optimista es el artículo de Joaquín Sánchez Sanz, director del Laboratorio Nacional de Fusión del Ciemat y presidente del comité asesor científico y técnico del proyecto ITER. Su artículo se llama “Apuesta de futuro”.

De entrada sostiene que para alcanzar la fusión en condiciones energéticamente rentables, el combustible debe calentarse a una temperatura de doscientos millones de grados.





"A pesar de que el progreso hacia dicha meta ha sido sostenido durante los últimos cincuenta años..., el objetivo aún se antoja distante. Ello ha provocado que, en ocasiones, la energía de fusión se considere una quimera inalcanzable. Sin embargo, esta técnica de 'ciencia ficción' comienza a hacerse realidad. El encargado de demostrarlo será el experimento ITER, el cual se propone generar, a partir de la fusión de isótopos de hidrógeno, una energía diez veces mayor que la necesaria para calentar el combustible".

Sigue diciendo el físico español que "la construcción de ITER no resulta una empresa sencilla. Su gran tamaño, necesario para alcanzar la rentabilidad energética, y su complejidad técnica, probablemente sin precedentes en la historia de la humanidad, implica un gran coste de construcción. Su presupuesto se estima en unos 14.000 millones de euros repartidos en diez años. Aunque se trata de una cifra impresionante que en ocasiones ha despertado críticas y suspicacias, en realidad supone una parte casi insignificante de los costes asociados al consumo de energía. Construido por un consorcio de países que albergan a más de la mitad de la población del planeta, ITER costará en diez años casi lo mismo que el consumo mundial de petróleo de dos días (85 millones de barriles diarios, a 100 dólares por barril)".

"Pese a la sucesión de retrasos y dificultades, ITER empieza a mostrar signos de progreso. El 25 por ciento del cable superconductor de niobio y titanio, y el 75 por ciento del de niobio y estaño (el más crítico en su producción) ya han sido fabricados. También ha habido avances en la construcción de la vasija de vacío, otro de los grandes componentes, así como resultados satisfactorios en las pruebas de viabilidad de los sistemas aun pendientes. En paralelo, ITER ha incorporado nuevos resultados obtenidos en experimentos a lo largo de todo el mundo. Como ejemplos, cabe citar las bobinas de campo resonante desarrolladas en San Diego y Garching, cuyo objetivo consistirá en reducir la carga térmica de las paredes, o el empleo de tungsteno como pared en la zona de contacto con el fluido a altas temperaturas. Esto último ha permitido modificar el plan inicial de utilizar material compuesto de fibra de carbono; una decisión que ha tomado cuerpo tras los exitosos experimentos con tungsteno realizados en los laboratorios de Garching y Culham (Reino Unido)".

El físico español termina diciendo que "podemos afirmar que el proyecto se está consolidando y que cumplirá sus objetivos".

