

FUSIÓN, EL PROYECTO ITER Y ESPAÑA

Denominamos genéricamente "Fusión" al proceso de unión de dos núcleos para formar un tercero. Este proceso no saldría del ámbito de la pura curiosidad científica si no fuera porque, cuando esta unión es protagonizada por los elementos más ligeros de la Naturaleza, por ejemplo, hidrógeno, el núcleo formado resulta tener una "masa" inferior a la suma de las "masas" de los elementos iniciales y este déficit másico es convertido en energía haciendo realidad la famosa fórmula de Einstein, $E=mc^2$, abriendo la puerta a la utilización de la fusión para la producción de energía. En realidad, si conseguimos materializar la fusión como fuente de energía, no habremos hecho otra cosa que imitar a la Naturaleza, utilizando en nuestro planeta los mismos procesos que hacen brillar a nuestro Sol y son, por lo tanto, responsables últimos de nuestra propia existencia.

Como fuente de energía, en la fusión subyace un potencial tremen-

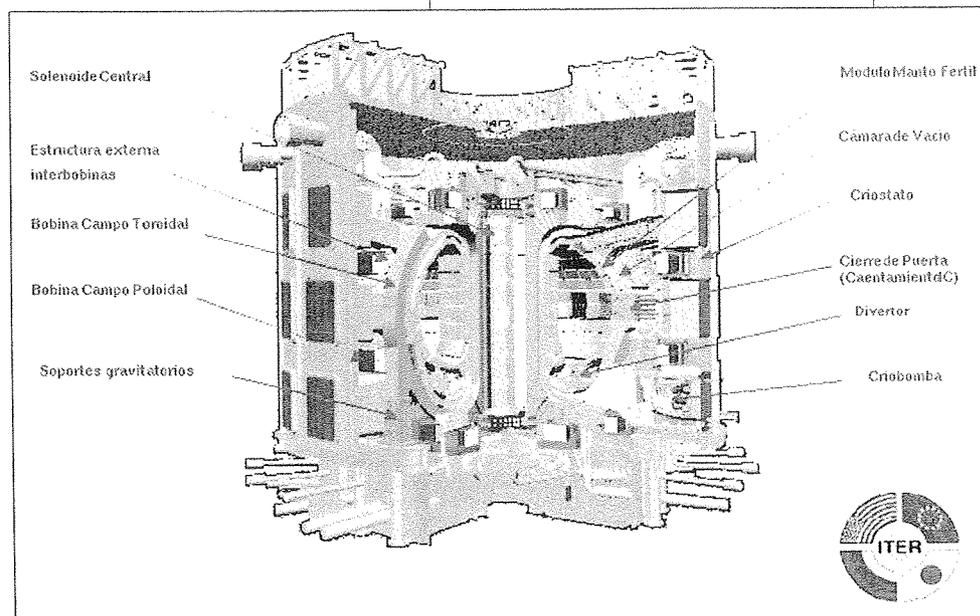
C. Alejandre
Director del Laboratorio Nacional
de Fusión por Confinamiento
Magnético
Asociación EURATOM-CIEMAT
para Fusión

do: baste pensar que con tan sólo 25 gramos de combustible, que se extrae fundamentalmente del agua, podríamos, satisfacer las necesidades energéticas de una persona a lo largo de toda su vida. Por ello, no es difícil comprender que la promesa de una fuente de energía segura, medioambientalmente aceptable y prácticamente inagotable ha motivado la creación en todo el mundo desarrollado de importantes programas de investigación encaminados a controlar estos procesos mediante, entre otros métodos, el uso de potentes campos magnéticos que aíslan el combustible de su entorno mientras la fusión se produce.

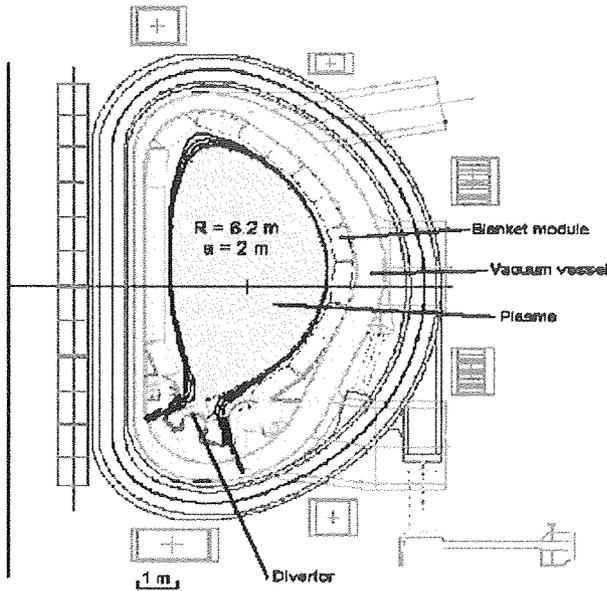
España no es una excepción en este caso. La investigación experi-

mental en fusión por confinamiento magnético en nuestro país ha estado tradicionalmente concentrada en CIEMAT y se remonta a 1983, fecha en la que se pone en marcha la primera máquina de fusión, el *Tokamak TJ-I* construido por encargo en la Universidad de California. Desde ese momento, la investigación en este campo ha tenido una progresión científica y técnica constante, que llevó en 1994 a poner en marcha el primer aparato de fusión construido íntegramente en España utilizando la infraestructura de CIEMAT y la Industria Nacional: el *Stellarator TJ I upgrade*, que, tras un fructífero período de explotación científica, fue cedido en 1999 a la Universidad de Kiel, una vez que la siguiente generación de máquinas de fusión, el *TJ-II* ya estaba en operación en Madrid.

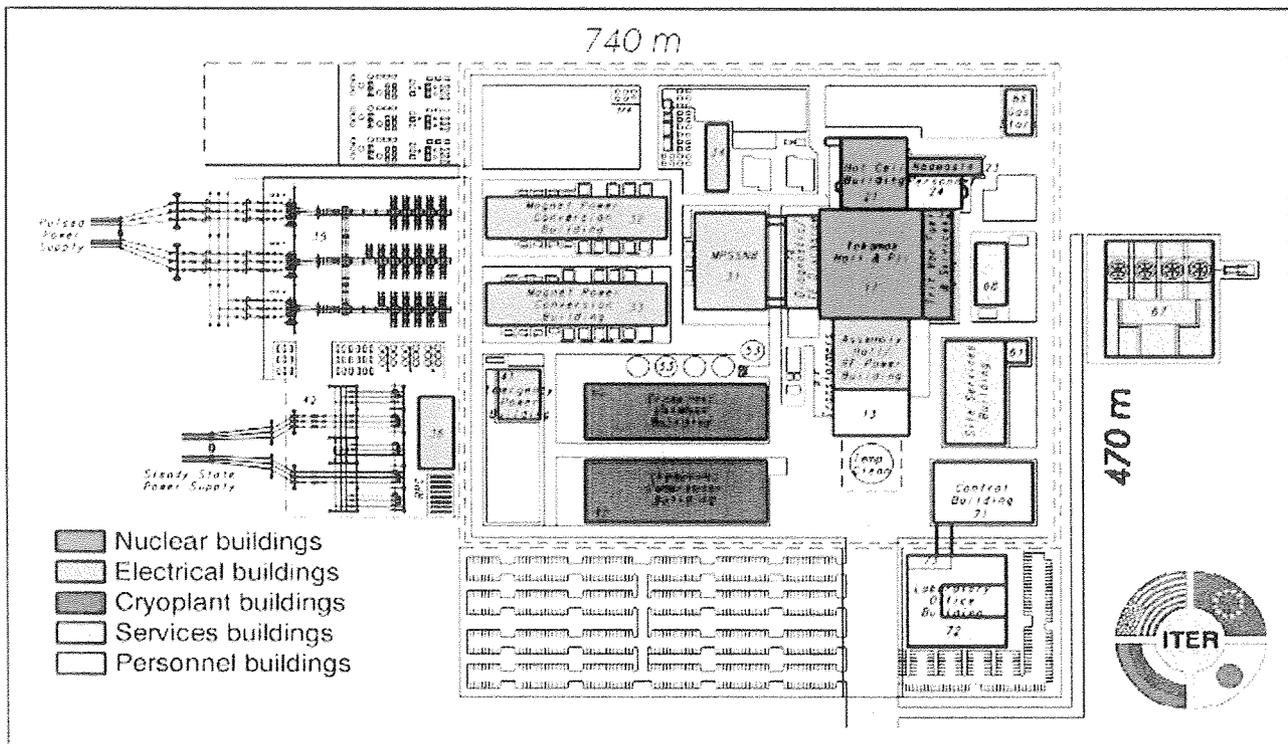
TJ-II es un proyecto de fusión integrado totalmente en el Programa de Fusión Europeo, el cual aprobó en 1990 dedicar 32,2 millones de euros para la construcción en España de una instalación científica avanzada dedicada a la experimentación en procesos de fusión confinados por intensos campos magnéticos. Cuatro años habían sido necesarios para conseguir esa aprobación, lograda únicamente después de *convencer* a sucesivos grupos evaluadores europeos de la bondad científica, tecnológica y económica del proyecto. La construcción y el montaje de este complejo experimento estuvo marcada por las estrictas especificaciones en todos sus componentes que no ad-



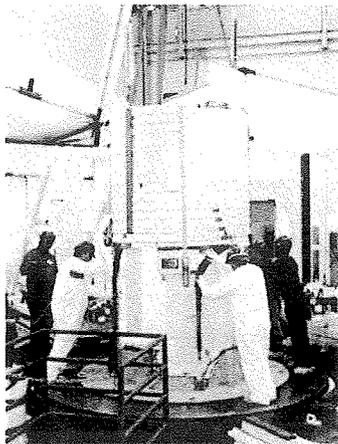
ITER: Parámetros principales



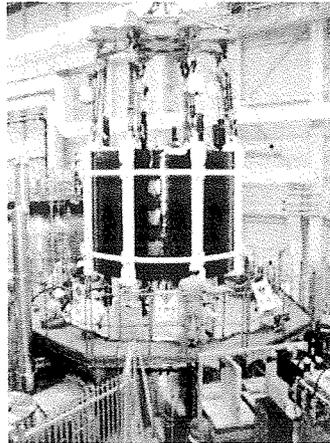
Parámetro	ITER
R (m)	6.2
a (m)	2
B_T (T)	5.3
I_p (MA)	15
P_{fusion} (MW)	500
$Flux_{neutrons}$ (MW/m^2)	0.5
Q	10
Coste	< 4 GE



I+D - Modelo Bobina CS



Colocación de una capa de la bobina para formar el módulo interior en Lockheed Martin.



Módulo exterior fabricado por Toshiba, colocado alrededor del módulo interior, previamente instalado en la cámara de vacío.

mitían desviaciones geométricas en su posicionamiento y fabricación superiores al milímetro. Teniendo en cuenta que algunos de sus componentes tienen dimensiones cercanas a los cinco metros, muchos de ellos de forma helicoidal y por sus bobinas circulan corrientes de centenares de miles de amperios (una de ellas obtuvo con 100 millones de amperios por metro cuadrado el récord del mundo de densidad de corriente en bobinas no superconductoras cuando fue construida) es fácilmente admisible la afirmación de que fue necesario utili-

zar la más alta tecnología industrial en su construcción, en algunos casos llevada a su límite y en estas condiciones es de destacar que el 60% del valor de los contratos industriales realizados en Concursos europeos de los diferentes componentes fue realizado por empresas españolas, algunas de las cuales participan desde entonces en otros grandes proyectos europeos.

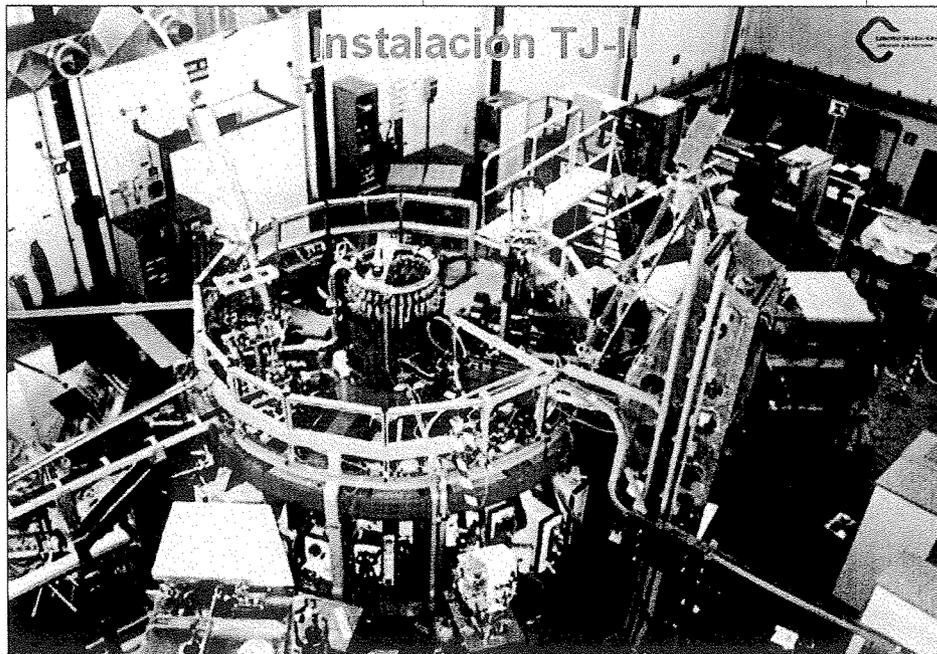
TJ-II, catalogado como "Gran instalación científica" por las autoridades correspondientes, supuso un salto cualitativo y cuantitativo con

respecto a los experimentos existentes en el campo de la fusión en España y está considerado entre los tres *stellarators* más avanzados que funcionan en el mundo junto con el alemán *Wendelstein 7-AS* del Instituto Max-Planck en Munich y el japonés *LHD* de la Universidad de Nagoya.

La investigación que se realiza en *TJ-II* debe entenderse dentro de un contexto internacional que ha conseguido avances considerables en el desarrollo de la fusión como fuente de energía, llegando a producir 16 MW de potencia térmica utilizando procesos de fusión en el dispositivo europeo *JET*, que puso de relieve que la viabilidad científica de la fusión está fuera de toda duda. Pero todavía es necesario dar el siguiente paso para demostrar la viabilidad tecnológica de la fusión *ITER* (camino, en latín).

ITER es un gran proyecto internacional que, en una colaboración sin precedentes entre Rusia, Japón, Europa y Canadá (e inicialmente Estados Unidos, que está considerando su vuelta), pretende construir una gran instalación que demuestre la viabilidad de obtener energía en nuestro planeta utilizando los mismos procesos que alimentan nuestro Sol: la fusión nuclear.

El diseño de *ITER* ha sido finalizado junto con un exhaustivo programa de I+D que ha construido prototipos de todos los componentes críticos y se ha iniciado el proceso de decisión sobre su emplazamiento y construcción. Las inversiones necesarias para su realización se estiman del orden de 4.000 millones de euros y serán compartidas por los diferentes socios, en una proporción diferente sean o no el socio anfitrión. Más



de mil personas de la más alta calificación y provenientes de todas las partes del mundo se encargarán de la construcción, operación, mantenimiento y explotación científica y tecnológica del proyecto.

ITER es un proyecto tecnológicamente complejo cuya construcción se estima necesitará 10 años y al menos veinte de explotación posterior. Las tecnologías que ITER necesita para su construcción y posterior funcionamiento y mantenimiento son fundamentalmente todas aquellas que tradicionalmente llamamos de

Darlington, cerca de Toronto y el de Japón ha presentado formalmente su candidatura en Rokkasho, en la prefectura de Aomori, después de analizar los diferentes candidatos de los que disponía. La oferta canadiense tiene la peculiaridad de estar realizada por un consorcio de empresas que esperan recuperar las inversiones realizadas durante la construcción, en la fase de operación.

En Europa, la Comisión Europea ha preparado un documento presentado al Consejo Europeo en su reunión de marzo donde establece los

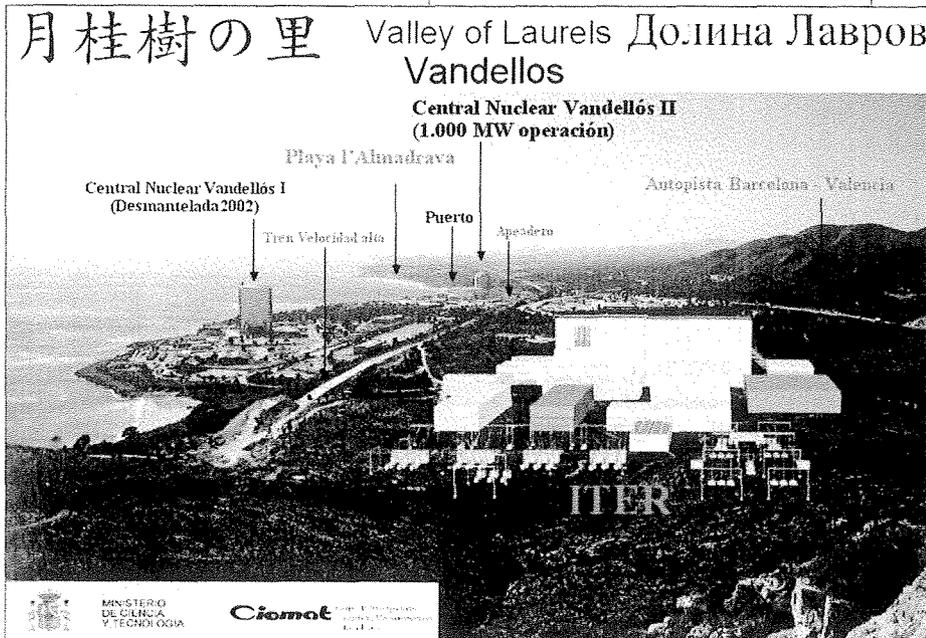
tuciones e Industrias entre las que es necesario destacar al Consorcio **IBERTEF** formado por **Empresarios Agrupados** y **SENER**.

El estudio destaca las excelentes condiciones técnicas del entorno de Vandellós-I para ubicar una instalación de este tipo que exige, entre otros muchos requerimientos, buenos accesos para el transporte de sus grandes componentes, una buena disponibilidad energética y un entorno socioeconómico atractivo para los miles de científicos y trabajadores que serán responsables de la construcción y posterior explotación científica de la Instalación.

En estos momentos nos encontramos inmersos en un proceso de negociación complejo entre Rusia, Canadá, Japón y Europa, que debería culminar en 2003 no solamente con una decisión sobre la construcción y emplazamiento de ITER, sino también, con un marco legal en el que desarrollar esta colaboración internacional. Si este acuerdo se produce y es ratificado por todos los países involucrados, la construcción de ITER podría comenzar alrededor de 2005.

Conseguir ganar la competición internacional por ubicar el Proyecto Internacional ITER

en España es tarea muy difícil, pero el estudio realizado muestra que tenemos una opción técnicamente muy competitiva y socio-culturalmente muy atractiva que nos ofrece una oportunidad única de conseguir emplazar en nuestro territorio una Gran Instalación Internacional que independientemente de los logros científicos que pueda conseguir para la Humanidad demostrando la viabilidad de la fusión como fuente de energía, su instalación en nuestro territorio la convertiría en un motor tecnológico de primera magnitud que podría marcar un antes y un después para la Industria de alta tecnología española. ■



alta tecnología: superconductividad, nuevos materiales, robótica, alto vacío, todo tipo de electrónica micro y macro, microondas, aceleradores, sistemas de control y un largo etc. Además, también necesita de forma fundamental utilizar las tecnologías asociadas al desarrollo de la nueva economía ya que, al ser un proyecto internacional experimental, los socios distintos del anfitrión, tienen la intención de crear Salas de control remotas en sus territorios, en este caso Japón, Rusia y probablemente EE.UU.

En estos momentos, el Gobierno Canadiense ha mostrado oficialmente su interés en albergar el Proyecto en

compromisos que el país anfitrión deberá satisfacer que se cifran aproximadamente en un 10% del presupuesto total, es decir unos 40 M€/año durante los 10 años de construcción. Francia ha ofrecido a Europa su centro nuclear de Cadarache como oferta europea para ITER y el 17 de abril de 2002, el Gobierno Español ofreció formalmente a la Unión Europea su emplazamiento en Vandellós como posible emplazamiento europeo para ITER. Este ofrecimiento se realizó después de las positivas conclusiones a las que había llegado un estudio de viabilidad coordinado por CIEMAT y realizado en colaboración con diferentes Insti-