

## FUSIÓN NUCLEAR E IFMIF-DONES

*Carlos Alejaldre*  
*Director General del CIEMAT*

Sin duda evocar el nombre de Margarita Salas nos trae enseguida a la cabeza multitud de valores investigadores en los cuales puso un gran empeño en transmitir de una manera directa a través de su ejemplo y su obra. Me voy a permitir la licencia de mencionar solamente unos pocos como la excelencia investigadora, el tesón en afrontar retos en la frontera del conocimiento, la necesidad de la internacionalización de nuestra ciencia, o la insistencia en mostrar la íntima relación entre progreso social e inversión en investigación. Yo no puedo hablar de biología molecular, pero quiero en este homenaje a su persona enlazar con estos valores que Margarita Salas defendió como introducción de un proyecto que estoy convencido los ejemplifica.

Ya nadie pone en duda el impacto negativo que nuestro desarrollo y muy particularmente la manera en la que generamos la energía que ha permitido ese desarrollo, está teniendo sobre nuestro planeta, por ello no son sorprendentes los importantes recursos que el mundo está invirtiendo en conseguir implementar una nueva manera de generar electricidad utilizando la fusión nuclear como fuente de energía y que están justificados por la promesa de:

- Una capacidad de generación energética prácticamente ilimitada,
- La utilización mínima de recursos naturales, que además están ampliamente distribuidos en nuestro planeta
- Una seguridad de operación basada en las exigentes características de las reacciones de fusión y
- Un impacto medioambiental aceptable.

Sin duda por estos motivos, los países que representan el 80% del PIB mundial: China, Corea del Sur, Europa, India, Japón, Rusia y Estados Unidos se pusieron de acuerdo en la construcción de manera conjunta en el sur de Francia del macro proyecto ITER que deberá realizar la demostración definitiva de las tres primeras promesas, aunque la última, quedará pendiente como mencionaremos posteriormente de otro gran proyecto internacional, el cual esperamos que España sea la anfitriona.

El proyecto ITER está basado en la creación de una “botella magnética” que confina el combustible, un plasma formado por los isótopos del hidrógeno deuterio y tritio, mientras reacciona y produce energía. Este proceso, como es bien sabido, no genera residuos radioactivos de manera intrínseca, pero la reacción del deuterio y tritio, engendra un neutrón de muy alta energía, más de 14 Millones de electron-Voltios, que atraviesa la barrera de confinamiento magnético sin inmutarse y al encontrarse con los materiales de la primera pared de la cámara de vacío donde se produce la reacción y los componentes estructurales, además de modificar las características mecánicas de los mismos, los activa desde un punto de vista radioactivo. En ITER, esto no es un problema importante, ya que al ser un proyecto de investigación su modo de operación no es continuo. Se prevee realizar uno o dos experimentos de diez minutos a la hora, durante los períodos de operación y por lo tanto la exposición a este flujo neutrónico es limitada e igualmente las consecuencias del mismo. Aunque debe decirse que, incluso bajo estas condiciones favorables, se producirán unas cuantas decenas de miles de toneladas de material radioactivo de media y baja actividad, al utilizar materiales y aceros “convencionales” en su estructura.

Es por ello que decíamos que si bien las tres primeras promesas de la fusión, capacidad de generación, utilización de combustible y seguridad nuclear deberán ser demostradas por el experimento ITER, la cuarta, impacto medioambiental, quedara pendiente.

Es decir, que para dar el siguiente paso en la demostración energética y construir una planta productora de energía eléctrica utilizando la fusión de deuterio y tritio como combustible, necesitamos no solamente que ITER, o cualquiera de los proyectos alternativos, sea un éxito sino que además tengamos los materiales adecuados, que por un lado resistan los importantes flujos de energía y partículas a los que estarán sometidos 24 horas al día y lo que es tremendamente importante, que su activación radioactiva sea tal que al cabo de un período razonable, digamos del orden de cien años, estén en condiciones de poder ser reciclados y por lo tanto el proceso sea sostenible medioambientalmente. Solamente entonces estaremos en condiciones de probar que la fusión nuclear es realmente el “grial” energético que siempre ha prometido ser.

La comunidad investigadora de fusión ha sido plenamente consciente de la necesidad de desarrollar estos nuevos materiales y los principales programas internacionales han conseguido diseñar y construir materiales estructurales cuyas características responden, en principio, a estas necesidades. Pero esta demostración se ha encontrado con un problema fundamental: para conseguir probar estas propiedades, los nuevos materiales deben ser validados en unas condiciones de irradiación neutrónica relevantes y no existe en el mundo una fuente de neutrones con el espectro adecuado para realizar esta demostración. Europa, consciente de esta limitación, propuso en la primera versión de su hoja de ruta para conseguir la fusión, aprobada en 2013, acelerar la construcción de una fuente de neutrones que junto con los resultados de ITER, permitiera el diseño y construcción del demostrador (DEMO) capaz de generar energía eléctrica, en un plazo razonable.

Este proyecto complementario a ITER es la fuente de neutrones IFMIF-DONES (International Fusion Materials Irradiation Facility- DEMO Oriented NEutron Source). El presupuesto estimado de construcción es de alrededor de 600 M€, el período de construcción de 10 años y su operación posterior durará al menos 20 años.

España, a través de CIEMAT, presentó a la Comisión Europea, una propuesta para instalar el proyecto internacional IFMIF-DONES en Granada. No fue el único país europeo interesado y por ello, en febrero de 2017, la Agencia Europea F4E (Fusion for Energy) formó un grupo internacional de expertos para evaluar la idoneidad de las diferentes candidaturas europeas para el proyecto. El grupo de expertos emitió un informe de evaluación en noviembre de 2017 donde destacaba en sus conclusiones: “The Spanish proposal entirely fulfils all requirements and assumptions. The Granada site present unique characteristics and is fully operational: construction works could start immediately. The national experience in building and operating nuclear facilities, the presence of waste management and storage facilities, the national scientific and technological competences both on particle accelerators and nuclear installations, is at the highest international standard”. A la vista de la evaluación realizada la Agencia Europea F4E en su reunión de diciembre 2017, unánimemente declaró Granada como el emplazamiento Europeo para IFMIF-DONES, si el proyecto finalmente se construía en Europa. Para afianzar el carácter Europeo de IFMIF-DONES, España presentó en Agosto 2017 la candidatura, con el aval de Croacia y el Programa de Fusión Europeo, para que el Proyecto en Granada fuera incluido en el “2018 Roadmap” de infraestructuras Europeas y después de un exigente proceso de evaluación tanto científico como técnico y estratégico, la propuesta española ha sido incluida por el “European Strategic Forum on Research Infrastructures”, ESFRI, en la hoja de ruta 2018 de los proyectos estratégicos que considera necesarios para mantener el liderazgo europeo en Ciencia. Solo nos queda esperar la aprobación de los presupuestos europeos para investigación 2021-2027 para que podamos iniciar la construcción del Proyecto.

Los impactos económicos de construir en Granada IFMIF-DONES se han estimado en un reciente estudio socioeconómico que estima que la producción de bienes y servicios en nuestro país

aumentará en más de 6.000 millones de euros y provocará la creación de 54.219 empleos en sus más de treinta años de construcción, operación y desmantelamiento. Grandes números que la experiencia del impacto local de proyectos como CERN, ITER o la ESA avalan sin dudar.

El desarrollo y la cualificación de nuevos materiales para reactores de fusión, objeto de IFMIF-DONES, es fundamental para la aplicación industrial de la fusión y uno de los cuatro objetivos oficiales declarados por el Departamento de Energía de Estados Unidos de América en su Programa de Fusión (“Support the development of the scientific understanding required to design and deploy the materials needed to support a burning plasma environment”) y hay que destacar que DONES sería la única instalación mundial capaz de realizar estas pruebas.

Enfatizando uno de los valiosos mensajes que Margarita Salas nos dejó: “la investigación no es un gasto, es una inversión que retorna a la sociedad”, me gustaría insistir en el buen ejemplo que el programa de fusión español de esta afirmación: poco después de entrar en la Unión Europea, CIEMAT propone a la UE construir una instalación de investigación fundamental en fusión que llamó TJ-II, con un presupuesto de 30 millones de euros, en un 45% financiada por la UE. La instalación de alta tecnología, que todavía hoy en día está realizando aportaciones científicas significativas, fue construida en un 60% por empresas españolas, algunas de las cuales y gracias en parte a la experiencia y credibilidad obtenida en la construcción de TJ-II, consiguieron contratos significativos en otros laboratorios europeos, iniciando un proceso que ha llevado a que en estos momentos España sea el tercer país europeo en contratos obtenidos competitivamente para la construcción de ITER, por un valor que ya excede 800 millones de euros y solamente por detrás de Francia e Italia.

Como su nombre indica ITER es el “camino” para llegar a la fusión, pero no un fin en sí mismo. La demostración de que en ITER es posible producir 500 MW térmicos, invirtiendo 50 MW en el calentamiento del combustible, junto con la validación de materiales que venga de IFMIF-DONES, hará posible la construcción del siguiente paso: una planta de fusión, que llamamos DEMO donde se pueda demostrar la producción a gran escala de energía eléctrica y la autosuficiencia en la producción del combustible, abriendo una nueva era en la generación eléctrica que, gracias a los recursos prácticamente inagotables de los combustibles de la fusión, podrá ser utilizada durante miles, o incluso millones de años.

El desafío es importante, pero es responsabilidad de todos y sobre todo de los países desarrollados, aportar soluciones al tremendo problema energético al que nos enfrentamos colectivamente y la fusión, con los proyectos ITER e IFMIF-DONES en primera línea, aparece como una candidata perfecta para convertirse en una fuente de energía segura, potente y medioambientalmente aceptable para la generación masiva de electricidad en nuestro planeta. Además existe una ventana de oportunidad para conseguir instalar en España, con unos recursos limitados, una instalación científica y tecnológica internacional de primer nivel mundial, que puede atraer unos retornos sociales, científicos, tecnológicos e industriales muy significativos. Conseguirlo será un justo homenaje a la herencia investigadora que Margarita Salas nos dejó.