

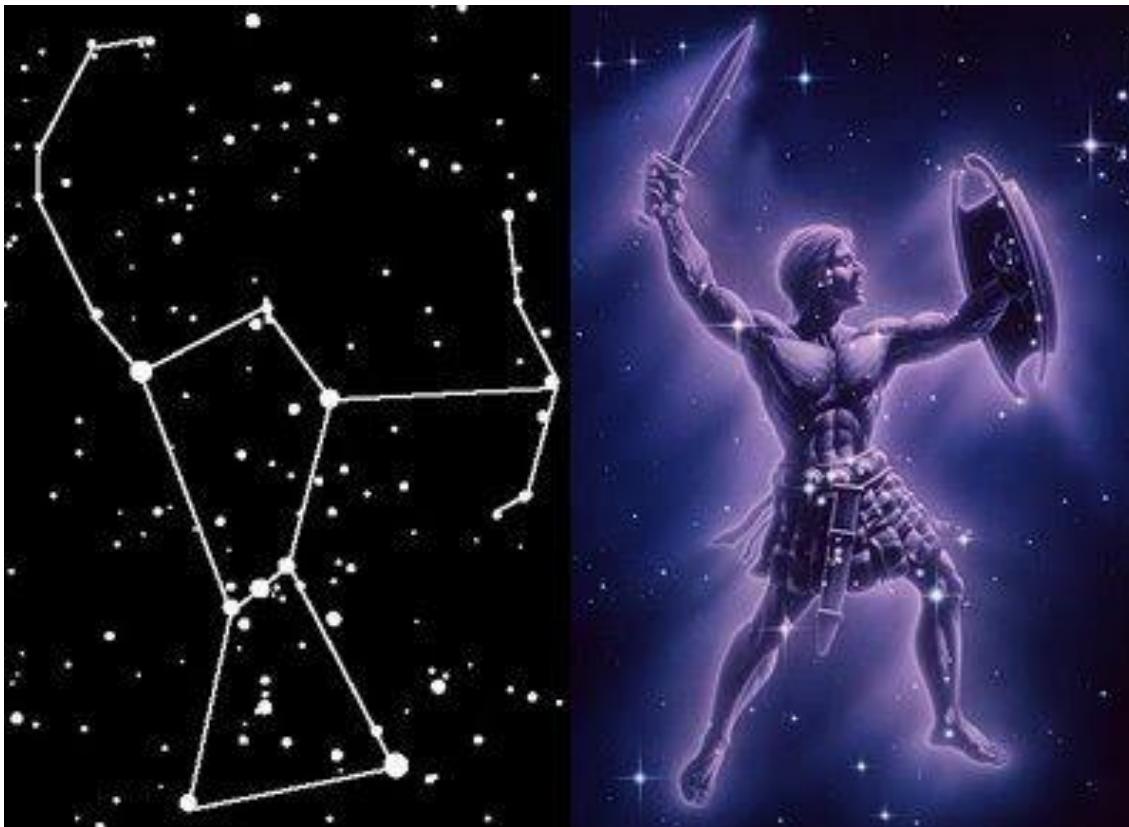
Actualización de la hoja de ruta europea hacia la fusión: Oportunidades para la industria y jóvenes investigadores

Carlos Hidalgo

Laboratorio Nacional de Fusión - CIEMAT

22 de Junio 2023

HACER LOS SUEÑOS REALIDAD LA MITOLOGÍA Y EL FIRMAMENTO



Homero menciona la constelación de Orión en la Odisea (siglo VIII a. C.)

En la mitología griega, Orión, el gran cazador, hijo de Poseidón (dios del mar), era conocido por librarse al mundo de las bestias.

HACER LOS SUEÑOS REALIDAD: CONTROLAR LA ENERGÍA DE LAS ESTRELLAS

Galaxia espiral M51

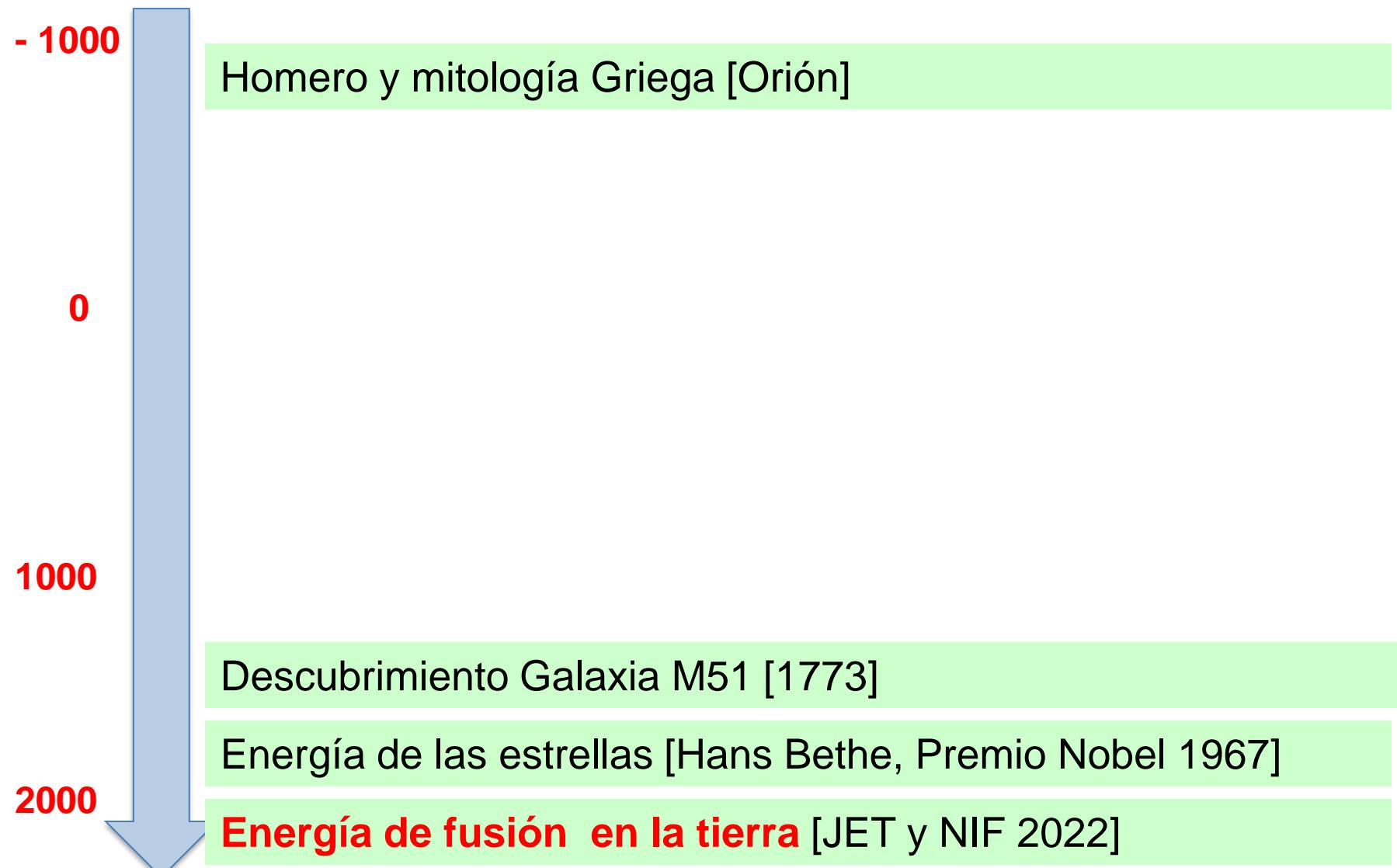
Una masa de 150.000 millones de veces la masa del SOL a 23 millones de años luz

Fusión en el Universo
 $E = \Delta m c^2$

Una pequeña pérdida de masa
Una **formidable liberación de energía**



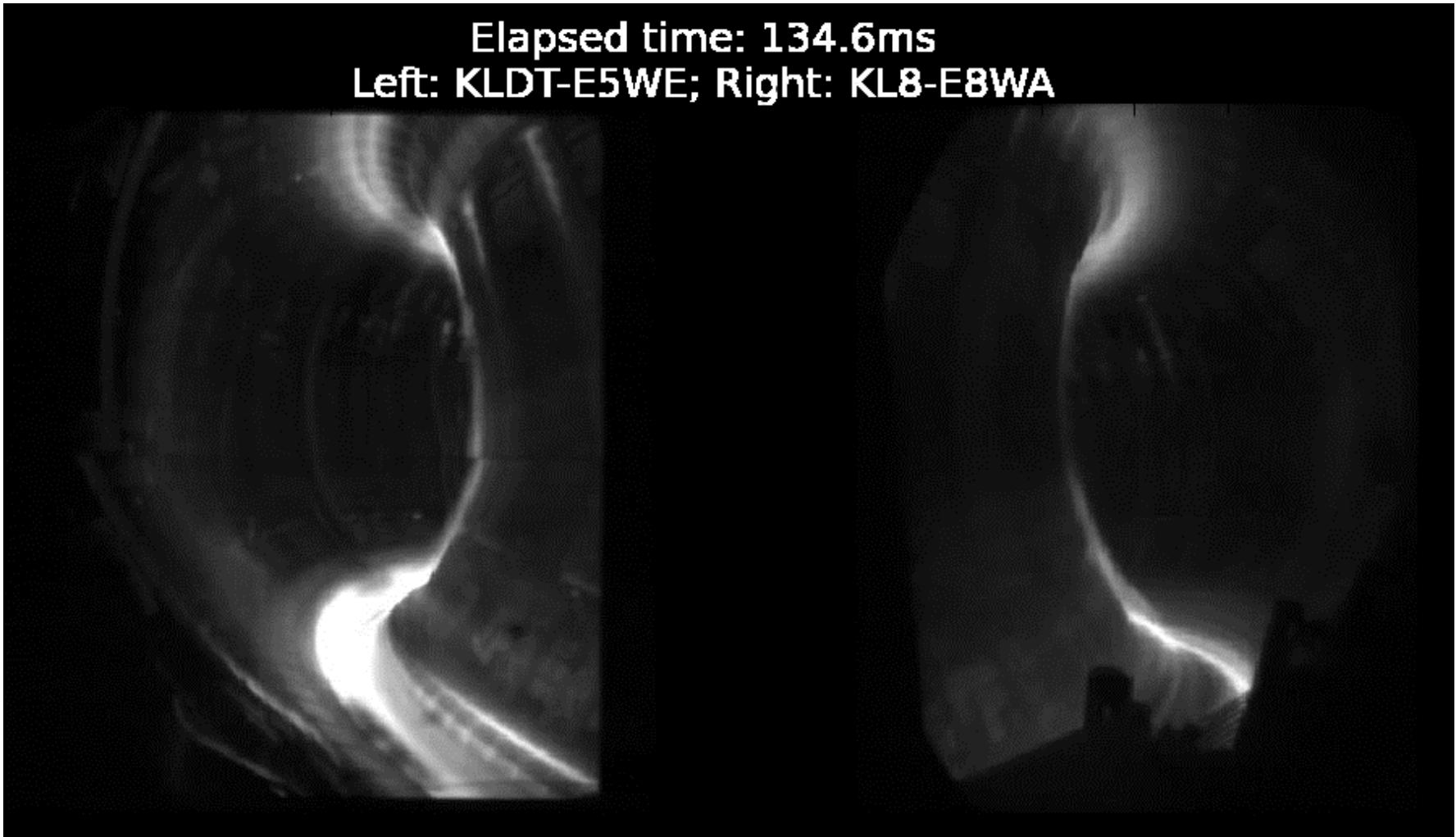
Las escalas temporales para hacer los sueños realidad



HACER LOS SUEÑOS REALIDAD

Record de energía de fusión magnética, Febrero 2022

Elapsed time: 134.6ms
Left: KLDT-E5WE; Right: KL8-E8WA



Cámaras de alta velocidad colaboración JET – CIEMAT



Centro de Investigaciones
Energéticas, Medioambientales
y Tecnológicas



Laboratorio Nacional
de Fusión
ciemat

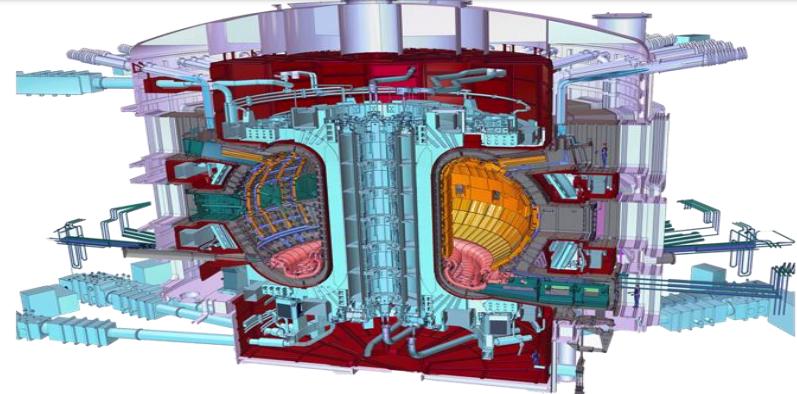
Necesidad de revisar el EU Roadmap de fusión

FUSIÓN NUCLEAR 2022



INERTIAL

[ENERGÍA FUSIÓN, NIF Diciembre 2022]



MAGNÉTICO

[ENERGÍA FUSIÓN, JET Febrero 2022]

SOCIEDADES SEGURAS 2022

La guerra en Ucrania ha puesto de manifiesto la necesidad de desarrollar soluciones energéticas que eviten una dependencia de un solo país.

Necesidad de revisar el EU Roadmap

EU Roadmap 2018:

Estrategia secuencial: ITER - DEMO - FPP
Financiación pública con subcontratación industrial

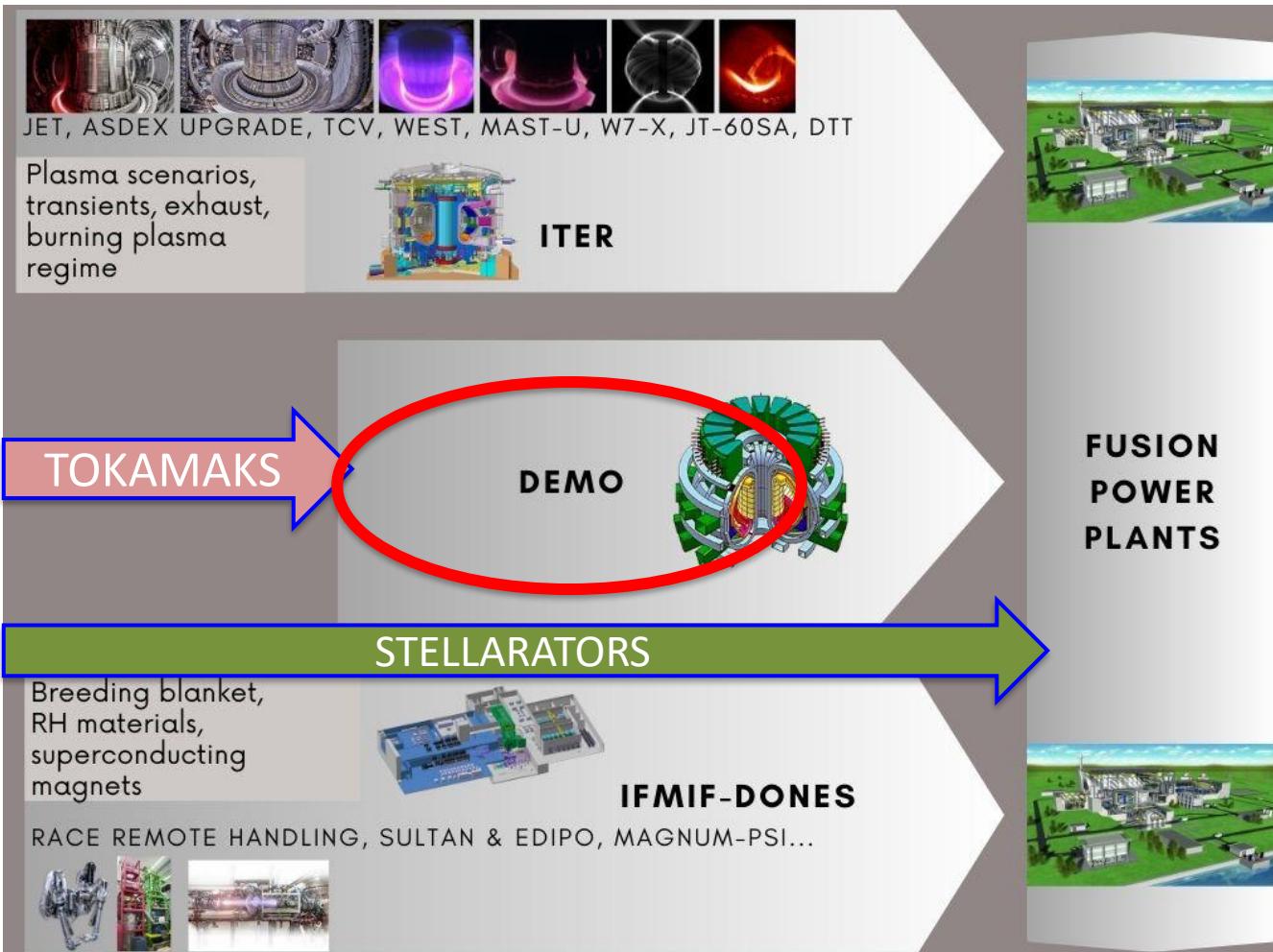
EU Roadmap 2023:

Paralelización
Financiación pública – privada (PPPs)

Working Group (January 2023):

*P. Batistoni, J. Bucalossi, I. Chapman, T. Donné, A. Fasoli (Chair), G. Federici, S. Günter,
C. Hidalgo, V. Naulin, T. Tala, F. Villone, H. Zohm*

HACER LOS SUEÑOS REALIDAD: FUSIÓN PARA LA SOCIEDAD



Aceleración de la hoja de ruta Europea hacia la fusión
Paralelización y colaboración pública privada



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE CIENCIA
E INNOVACIÓN

Ciemat

Centro de Investigaciones
Energéticas, Medioambientales
y Tecnológicas

EU DEMO requirements and time scales

Stakeholder requirements	Plant requirements
Net electrical power of 100s of MW	$P_{el,net} \sim 100\text{-}300\text{MW}$
Tritium self-sufficiency	$TBR > 1$
Blanket lifetime and radiation exposure	dpa ~ 20 first phase (6-7y); ~ 50 second phase (16-17y)
Safety	No countermeasure to the population and to the environment in accidental conditions; Minimization of long-lived (LLW) radioactive waste

- ✓ EU DEMO starting operation at mid-century at the latest (~2045).
- ✓ The site selection and initial licensing requirements should have been completed by mid of the 2020ies.
- ✓ Site clearance and preparation including start of the construction of necessary infrastructure can take place in the second half of this decade.

CANDIDATURA ESPAÑOLA PARA EU DEMO

Se ha comunicado (Mayo 2023) la determinación de aportar una candidatura para DEMO en España:

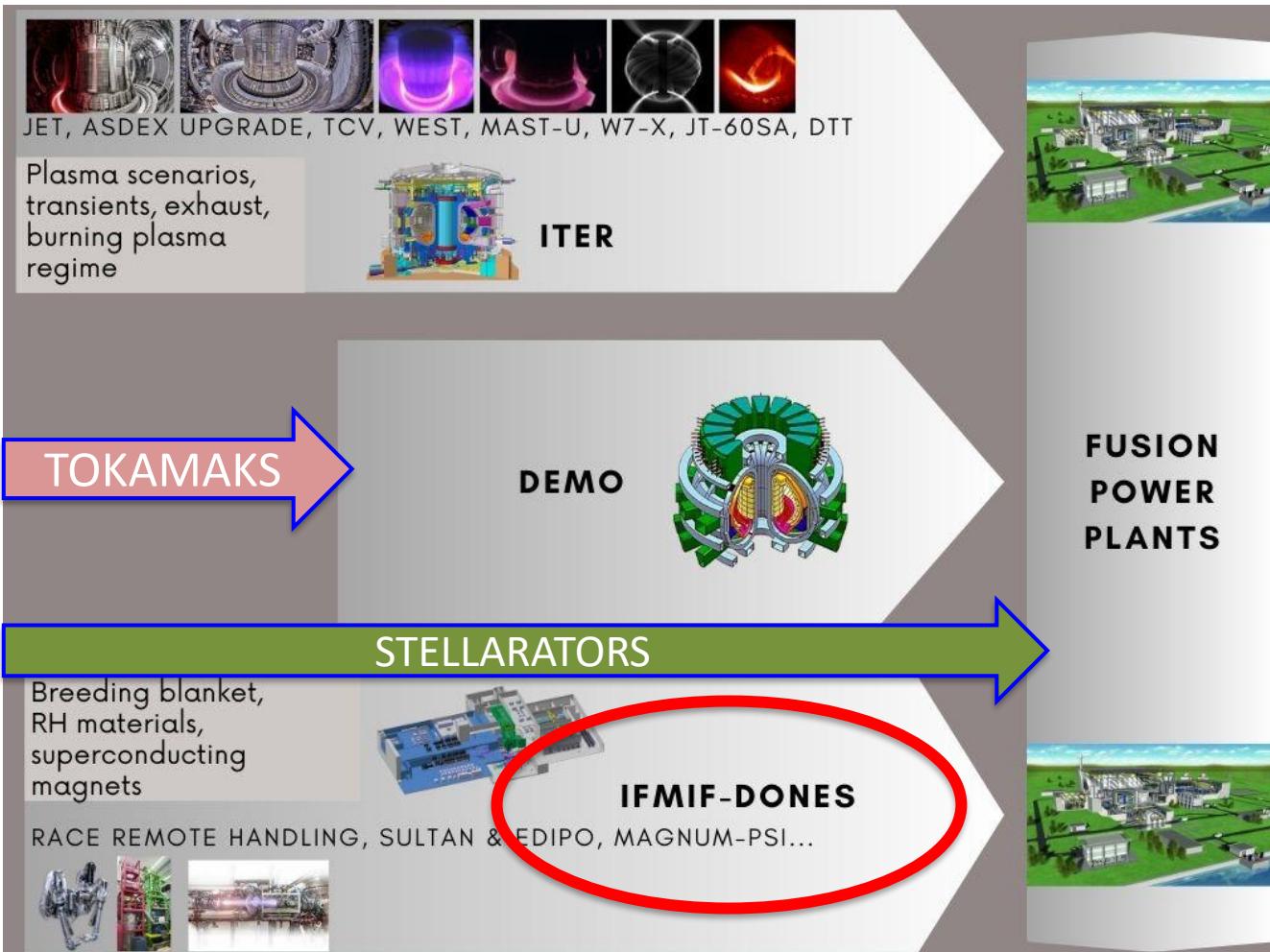
1. Fase de desmantelamiento de centrales de fisión que son ubicaciones ideales para DEMO.
1. Transformar una central de fisión en otra de fusión tendrá un fuerte apoyo político (energía sostenible, puestos de trabajo, oportunidades para la industria,...).
2. Tenemos toda la experiencia de la propuesta de ITER (Vandellós) que es un magnífico punto de partida para elaborar la propuesta para DEMO.

ACCIONES:

Análisis de la normativa nuclear para fusión: ¿Es posible simplificar el licenciamiento?

Análisis de posibles emplazamientos en España

HACER LOS SUEÑOS REALIDAD: FUSIÓN PARA LA SOCIEDAD



**Aceleración de la hoja de ruta Europea hacia la fusión
Paralelización y colaboración pública privada**



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE CIENCIA
E INNOVACIÓN

Ciemat

Centro de Investigaciones
Energéticas, Medioambientales
y Tecnológicas

EU Roadmap 2023 / recomendaciones WG

Implementar estrategias de aceleración para el desarrollo de la fusión.

Expandir el programa base de **IFMIF DONES**, incluyendo

validación de materiales

y

tecnología de tritio (Breeding Blankets)

Celdas calientes en CIEMAT

“Supporting DONES technological exploitation”

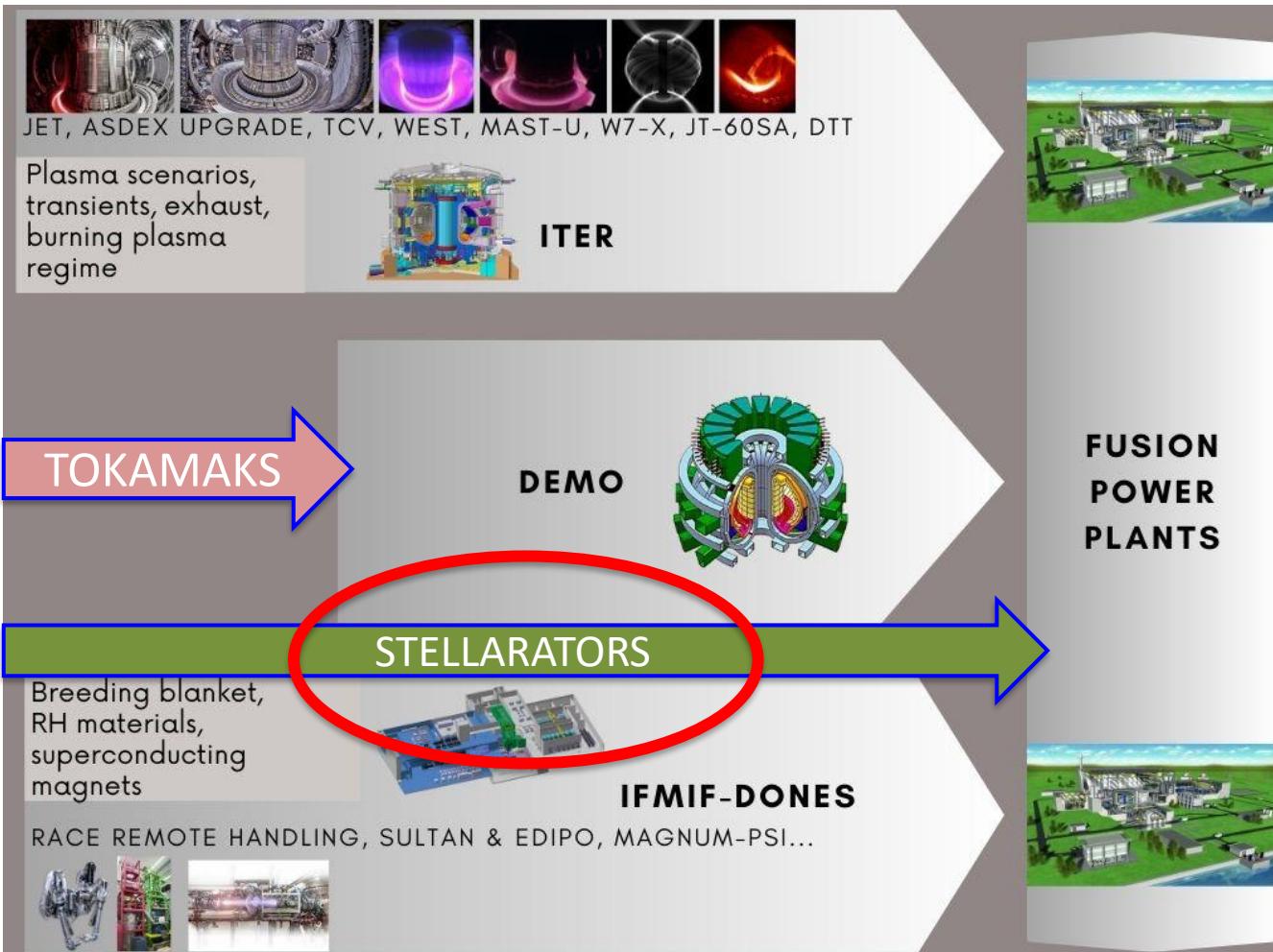
El diseño y construcción de una instalación de celdas calientes es considerada una instalación esencial para la explotación científica de DONES en España

**CIEMAT se ha comprometido a su desarrollo [celdas de fusión & fisión] como un proyecto estratégico del centro y España:
ubicación en los edificios 8/9 [antiguas celdas de la JEN]**

[Mayo 2023]

Las celdas de fusión deben estar operativas en 2030

HACER LOS SUEÑOS REALIDAD: FUSIÓN PARA LA SOCIEDAD



**Aceleración de la hoja de ruta Europea hacia la fusión
Paralelización y colaboración pública privada**



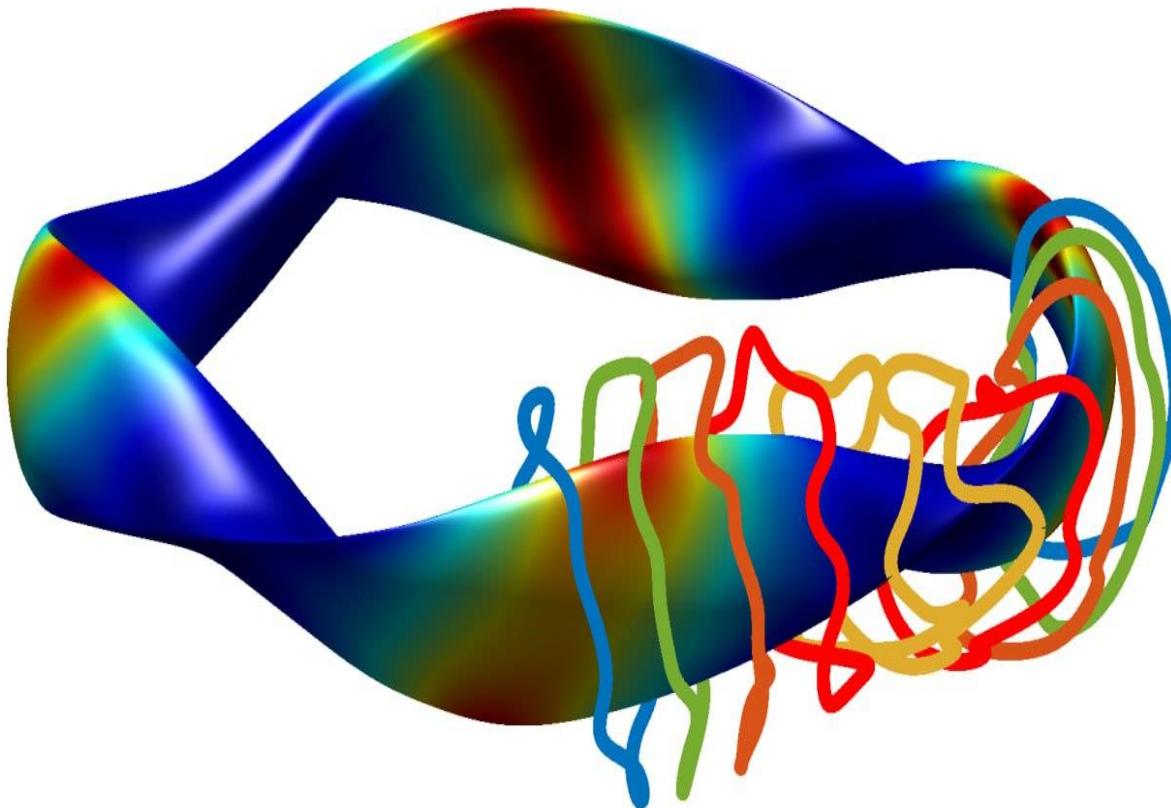
GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE CIENCIA
E INNOVACIÓN

Ciemat

Centro de Investigaciones
Energéticas, Medioambientales
y Tecnológicas

El proyecto CIEMAT: stellarator reactor wind-tunnel experiment



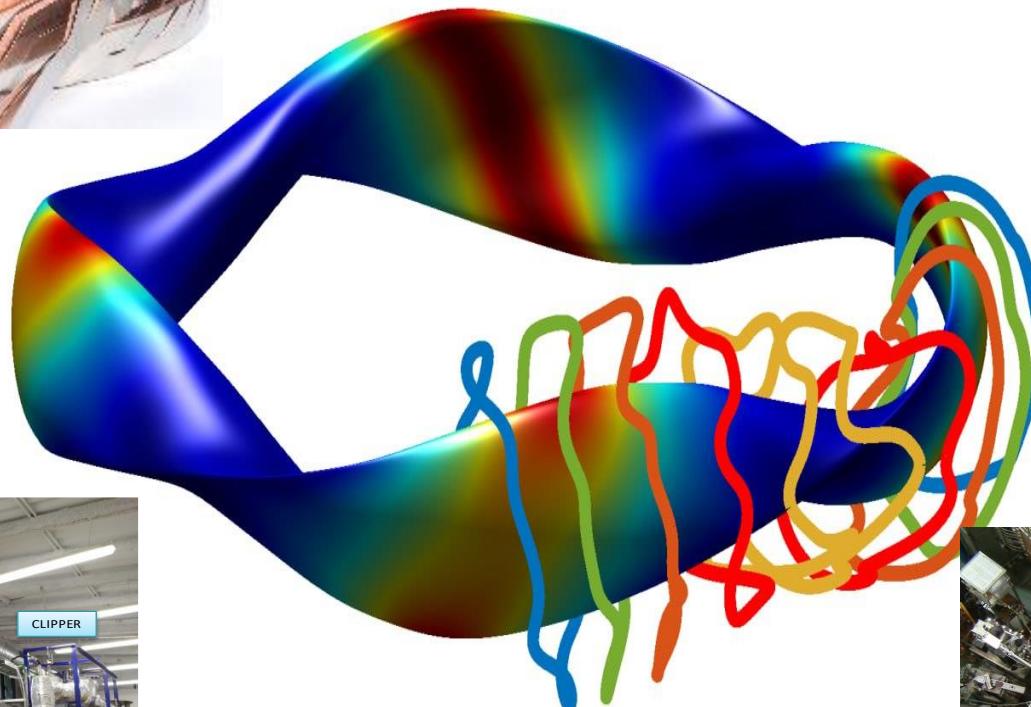
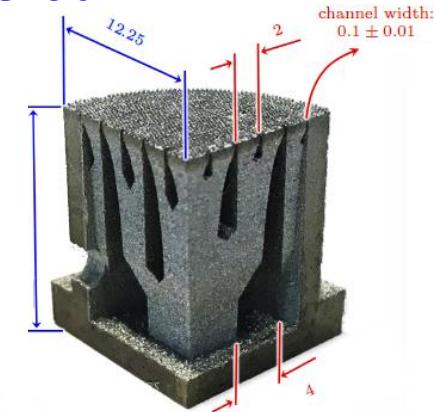
- ✓ Mantiene las propiedades exitosas de W7-X.
- ✓ Mejora el comportamiento de W7-X: partículas energéticas y turbulencia.
- ✓ Confina el plasma de manera óptima & integra la tecnología para ser la base de un reactor.

El proyecto CIEMAT: stellarator reactor wind-tunnel experiment

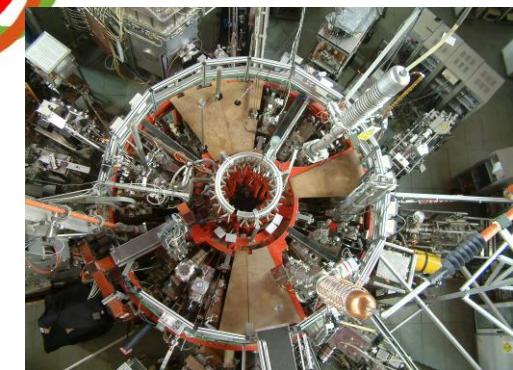
Tecnología de imanes superconductores HTS



Tecnología de materiales con alta densidad de potencia



Tecnología de Tritio



Diagnósticos, Control, manipulación
remota & IA

Impulso de retos y sinergias en ciencia & tecnología para la sociedad

SALUD



IMANES

MRI Imágenes por resonancia magnética



IMANES

NMR Resonancia Magnética Nuclear

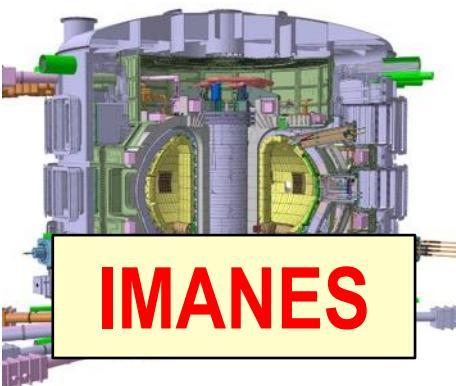
CIENCIA BÁSICA



IMANES

Aceleradores (CERN)

ENERGÍA

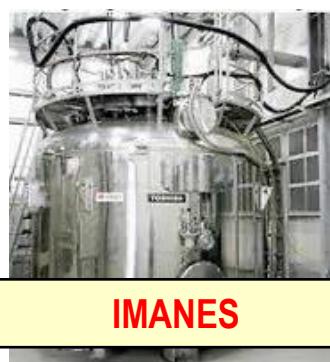


IMANES

FUSION



Líneas Transmisión



IMANES

Almacenamiento de energía

TRANSPORTE



IMANES

Tren de levitación magnética [Maglev]

HACER LOS SUEÑOS REALIDAD: FUSIÓN PARA LA SOCIEDAD

EU roadmap 2023

Oportunidades para la industria
y
Oportunidades para jóvenes investigadores

Para hacer nuestros sueños realidad

Aceleración de la hoja de ruta Europea hacia la fusión
Paralelización y colaboración pública privada