



Actividades del grupo de investigación UNED-TECF3IR

Tecnologías de Fisión, Fusión y Fuentes de Irradiación

J. Sanz en nombre de TECF3IR

Oportunidades para jóvenes investigadores en fusión / 22 de junio 2023

ÍNDICE



- TECF3IR/UNED: quiénes somos y qué hacemos
- Flujo de trabajo para análisis nuclear y de radiación:
 - Descripción general del procedimiento
 - **Flujo de trabajo UNED**
- Algunos de los modelos producidos
- Algunos estudios: ITER e IFMIF-DONES
- Participación en algunos proyectos
- Comentarios finales



Grupo UNED-TECF3IR

Personal del grupo

- Departamento UNED de Ingeniería Energética
 - 19 miembros (4 extranjeros)
 - 9 Predoctorales
 - 10 doctores (6 profesores)
- ISO9001 para neutrónica de fusión nuclear
- Más datos en nuestras web:
 - [Oficial UNED](#) y [propia](#).
 - Clúster de 1800 núcleos

Javier Sanz (1960)



Patrick Sauvan (1972)



Francisco Ogando (1972)



Mauricio García (1975)



Juan Pablo Catalán (1981)



Antonio López (1981)



Rafael Juárez (1985)



Aljaz Kolsek (1988)



Marco De Pietri (1990)



Víctor López (1990)



Gabriel Pedroche (1992)



Javier Alguacil (1993)



Juan García (1993)



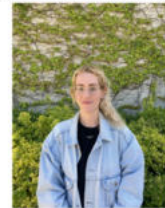
Pablo Martínez (1994)



Gozalo Farga (1994)



Elena Martínez (1996)



Isabel Lopez (1996)



Mario Belotti (1996)

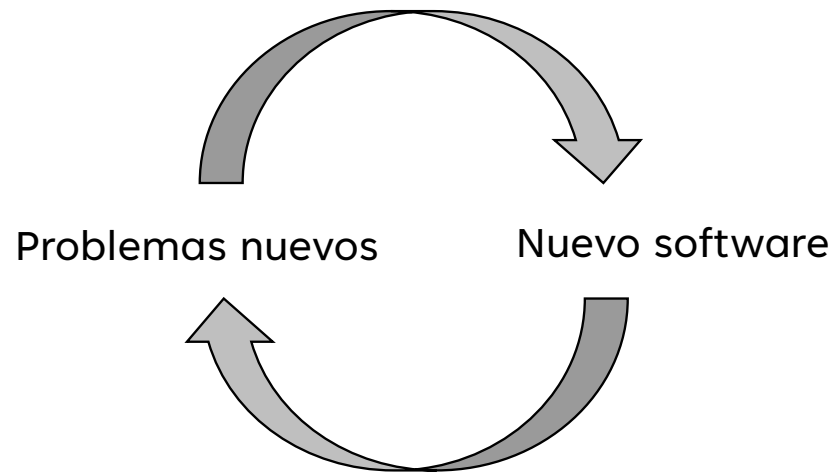


Pol Guijosa (1999)



¿Qué hacemos?

- **Identificar y responder a problemas desafiantes para el análisis y diseño de instalaciones relevantes para el desarrollo de la energía de fusión nuclear.**
- Análisis y diseño nuclear de instalaciones de fusión
- Desarrollo de métodos y software para análisis nucleares



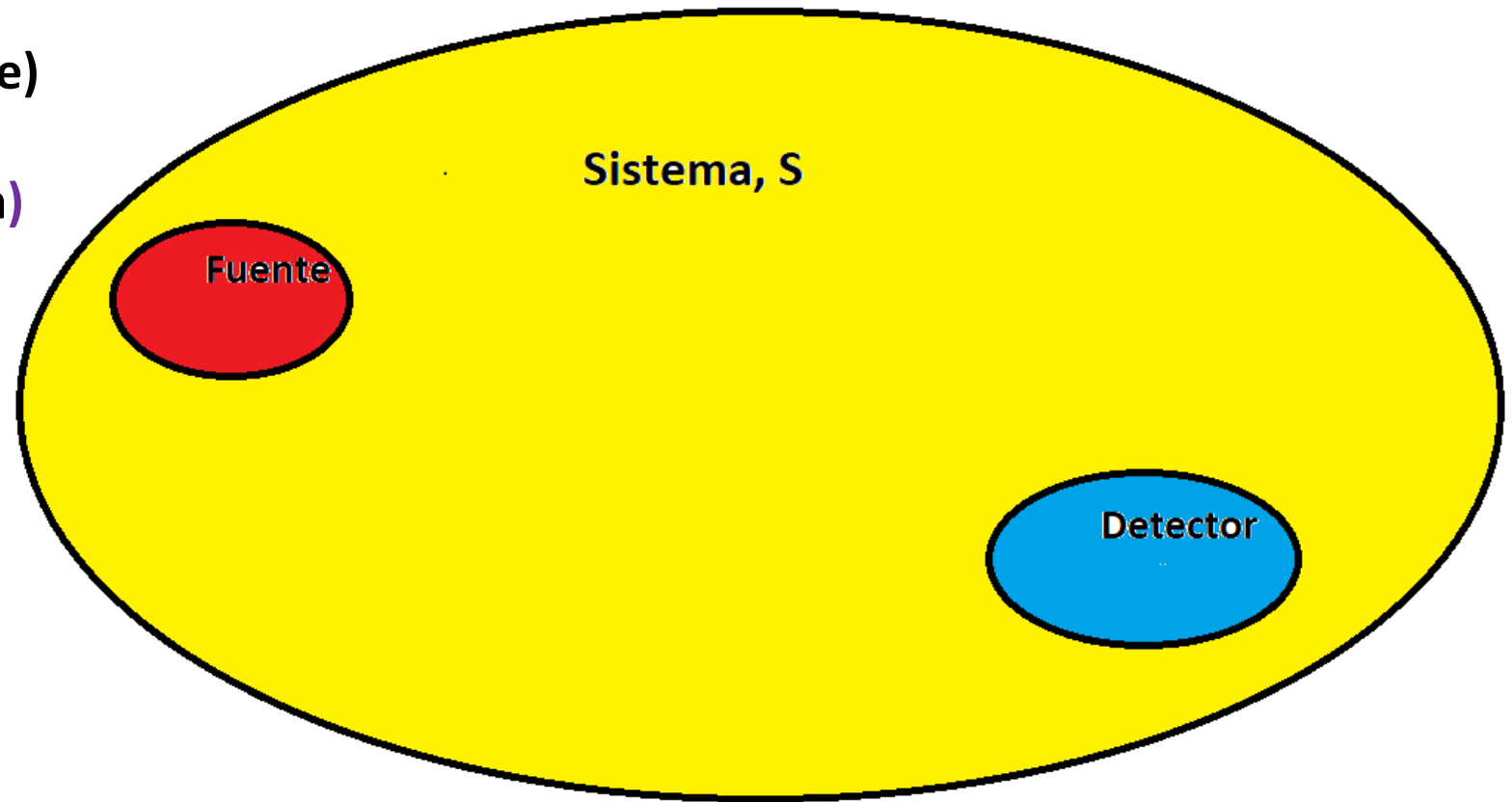
Problema de fuente dada (fixed source)

Campos de radiación y
respuestas nucleares:

- **Inmediatos** (Transporte)
- **De desintegración**
(Transporte-Activación)

Escenarios:

- Fuente activa
- Fuente apagada



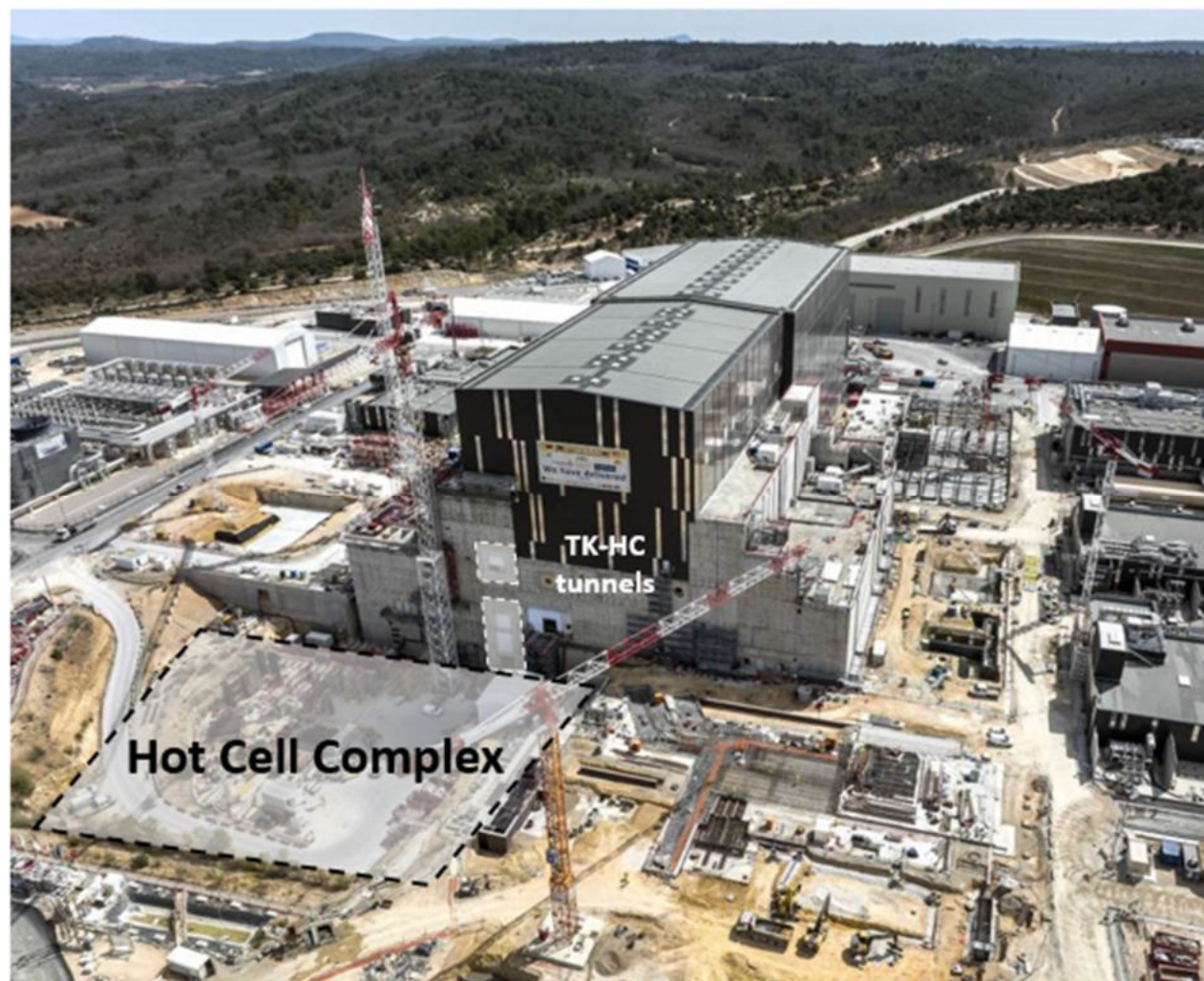
¿Progreso en el campo?

- El dar respuesta a las demandas de ITER en el campo de la neutrónica ha supuesto:

Un progreso enorme en el campo en la última década.

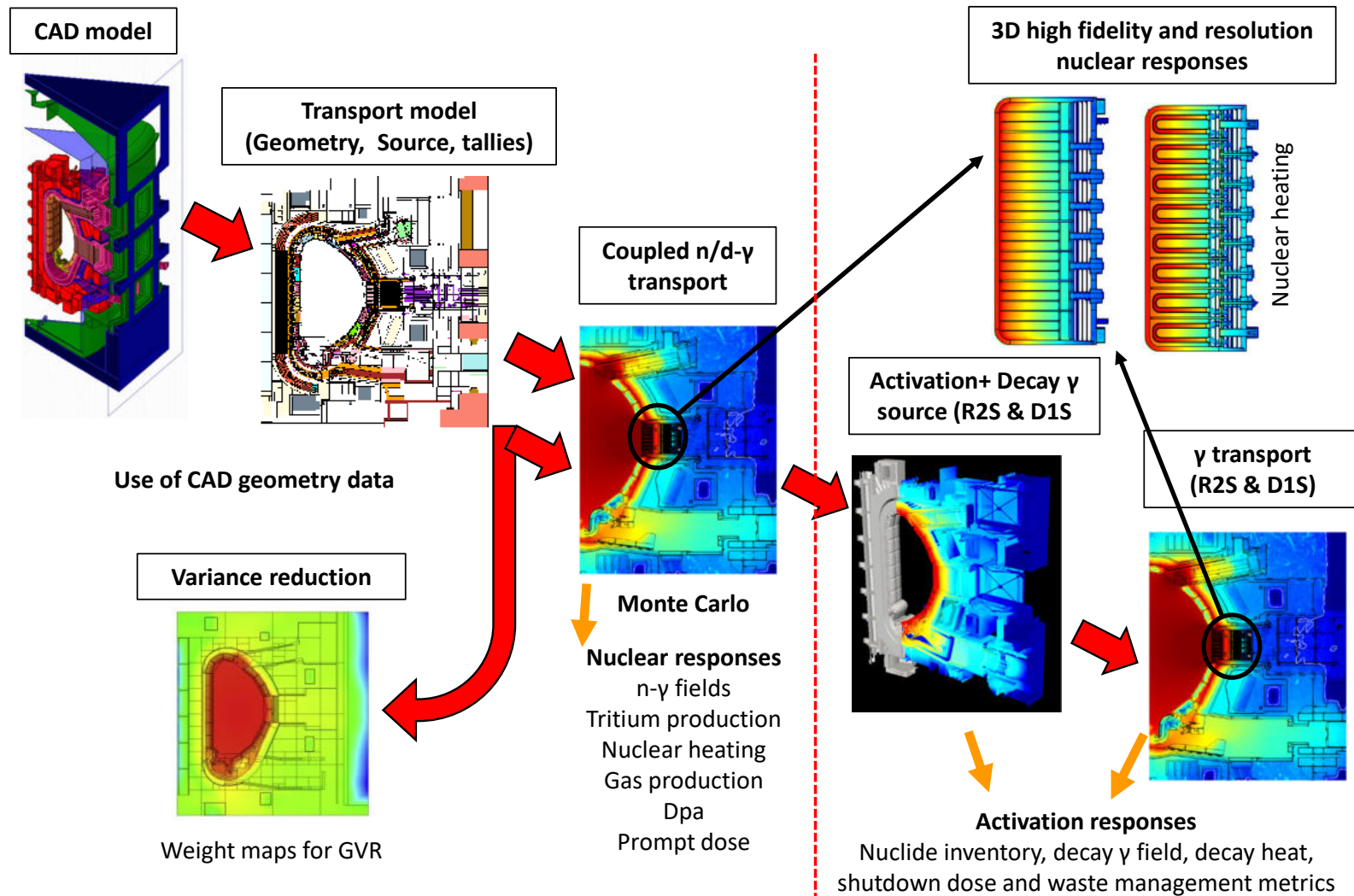
- ITER "is driving the field of neutronics worldwide." (2012).
"Fusion neutronics was still in an early phase".

ITER (abril 2022)



Flujo de calculo avanzado basado en métodos de MC para transporte 3D

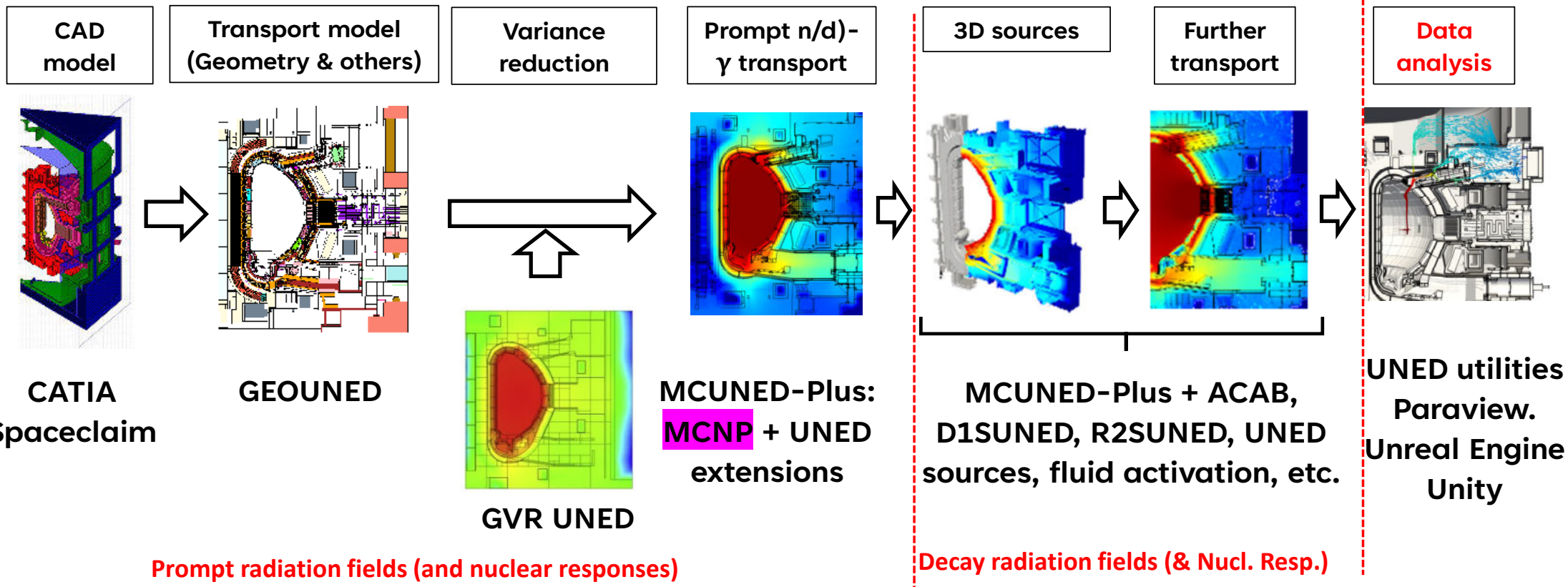
General 3D MC Nuclear & Radiation analysis Workflow



Campos de radiación inmediatos y respuestas nucleares (RN)

Campos de radiación de desintegración (Y RN)

UNED integral computational nuclear and radiation analysis cycle



Shutdown Dose Rate (SDR)

The UNED logo consists of the letters 'UNED' in a white, bold, sans-serif font, centered within a solid green square.

R2sUNED & D1SUNED Validation and demonstration in ITER and DEMO nuclear analysis

- Quality assurance R2SUNED & D1SUNED: JET dose rate measurements
- In JET analysis, differences between D1S and R2S methodologies are found:
 - Extensions of R2S are suggested by UNED to avoid these problems
- Used within EUROfusion (DEMO, ITER, DONES), F4E (ITER), ITER IO.
- **D1SUNED**
 - it is the reference system in ITER.
 - Second EURATOM-SOFT Innovation Prize 2022 edition.
- **The R2SUNED** approach included in the European cR2S system.

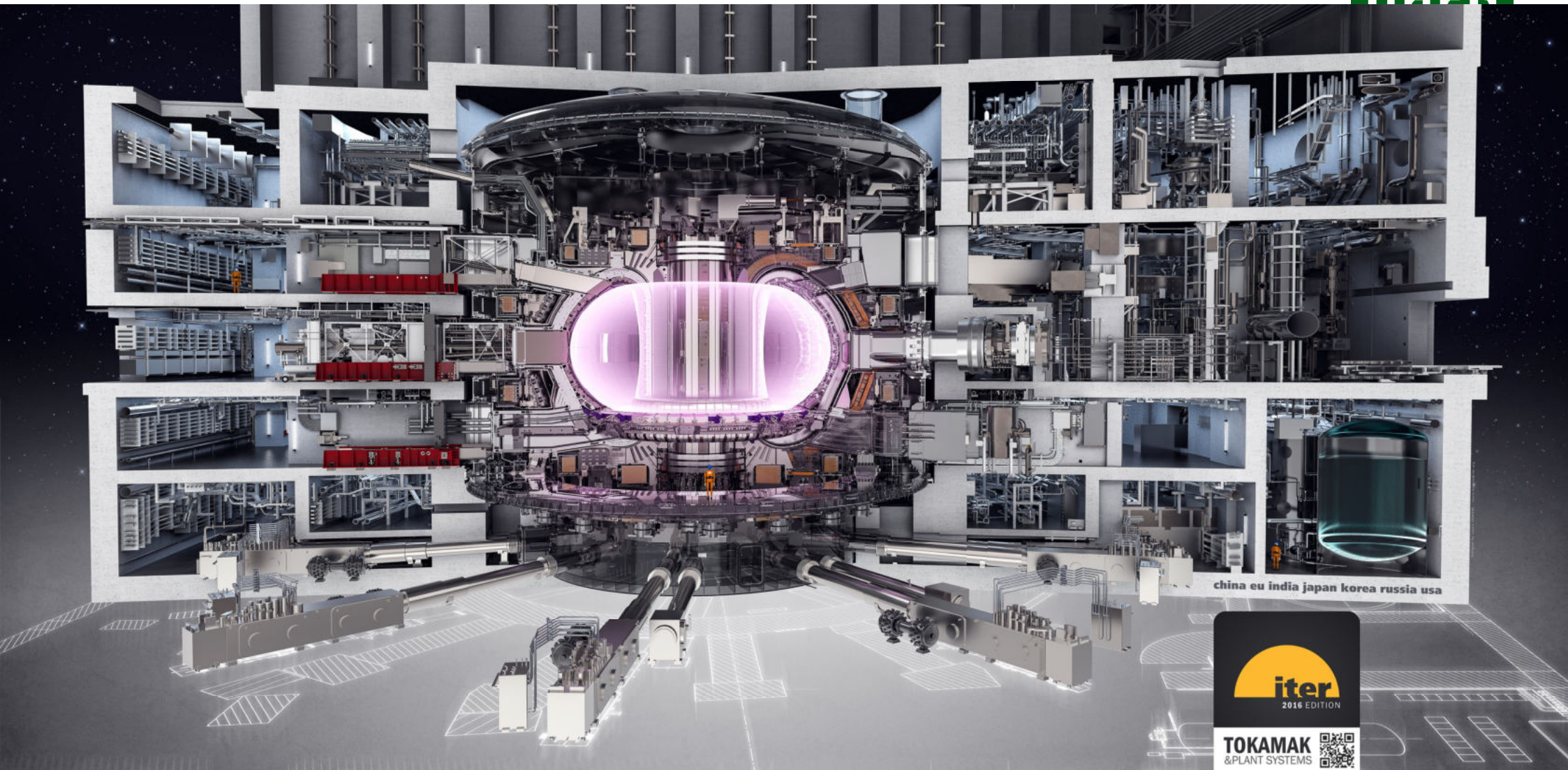


EURATOM-SOFT
Innovation Prize 2022
edition



Algunos modelos producidos

Edificio del tokamak de ITER



MODELOS DE GEOMETRIA PARA CALCULOS DE MC EN ITER

UNED

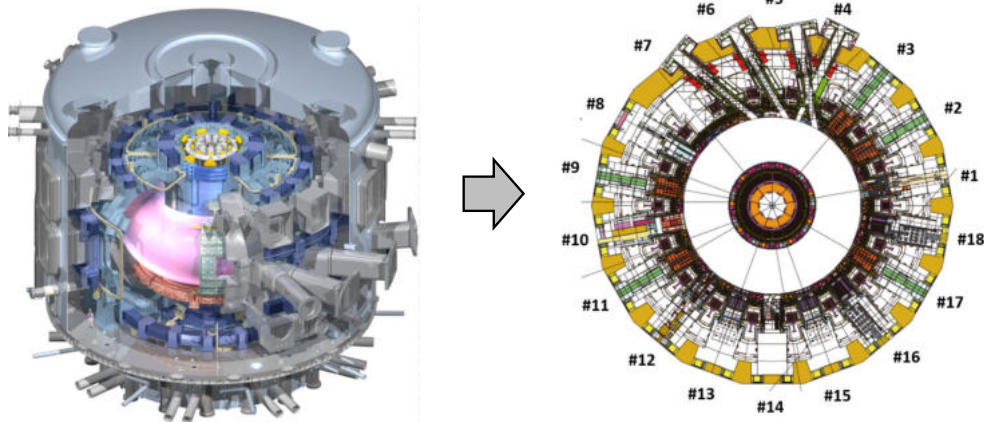
Modelos de geometría para producción de Mapas de Radiación y otros análisis

ITER Tokamak

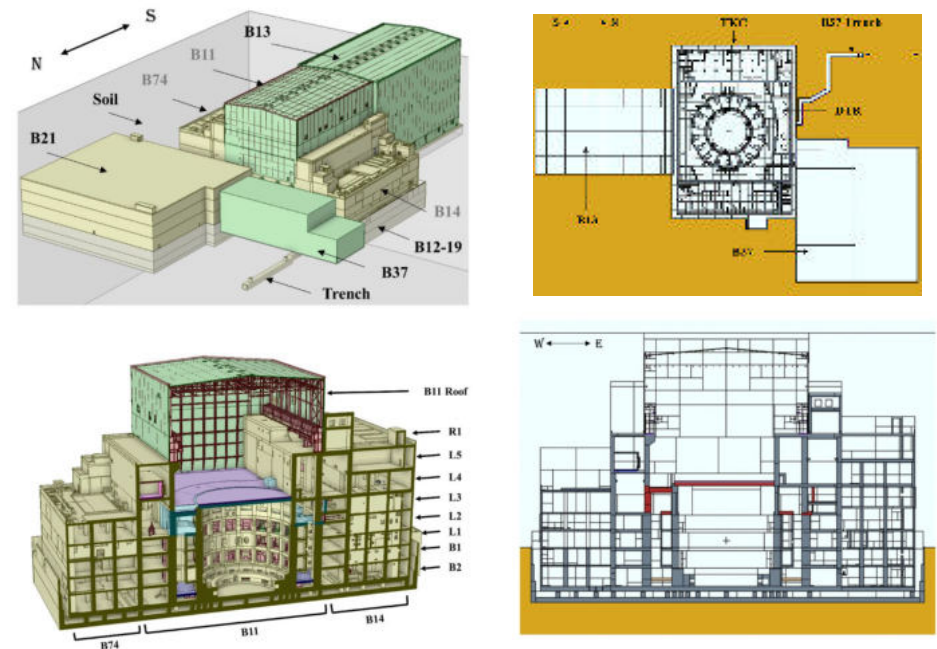


A full and heterogeneous model of the ITER tokamak for comprehensive nuclear analyses

R. Juárez^{1,4}, G. Pedroche^{1,4}, M. J. Loughlin², R. Pampin³, P. Martínez¹, M. De Pietri¹, J. Alguacil¹, F. Ogando¹, P. Sauvan¹, A. J. Lopez-Revelles¹, A. Kolšek¹, E. Polunovskiy², M. Fabbri³ and J. Sanz¹



ITER Tokamak Complex

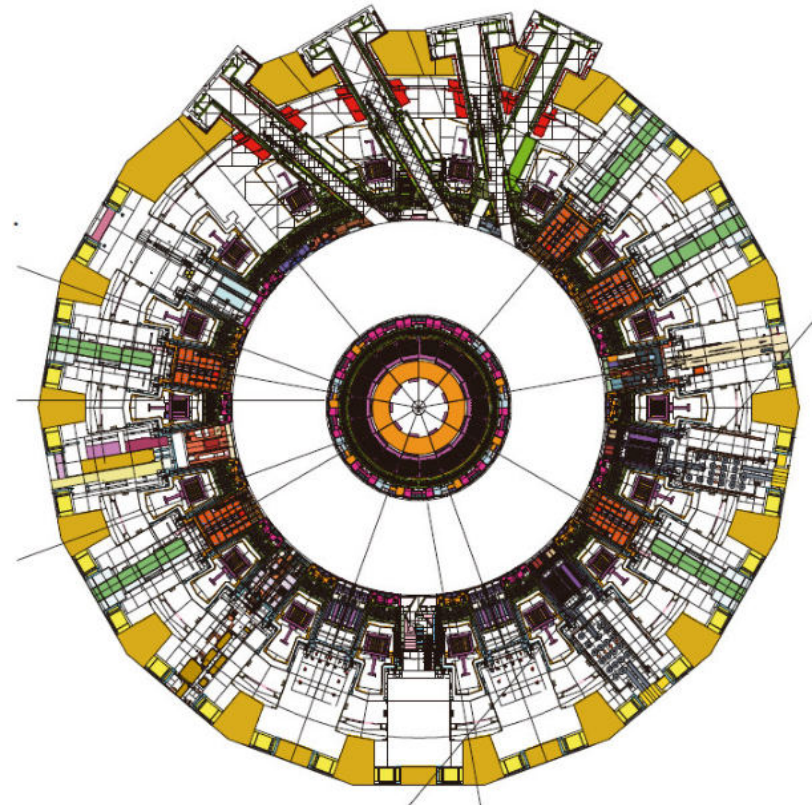
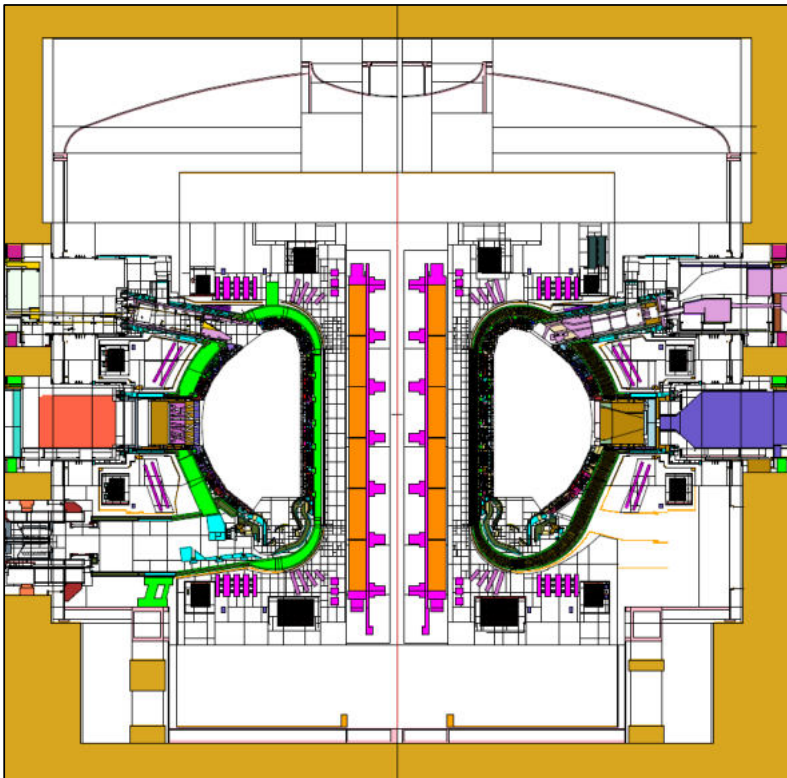


A. Lopez-Revelles et al, Fusion Eng. Des. 136 (2018); P. Martínez-Albertos et al, *Scientific Reports* 13 (2023)

High-fidelity geometries

UNED

The E-lite 360° geometry neutronics model of the ITER tokamak



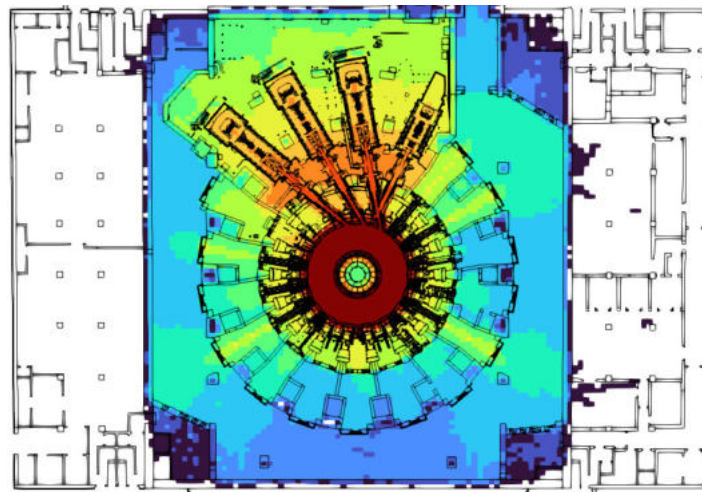
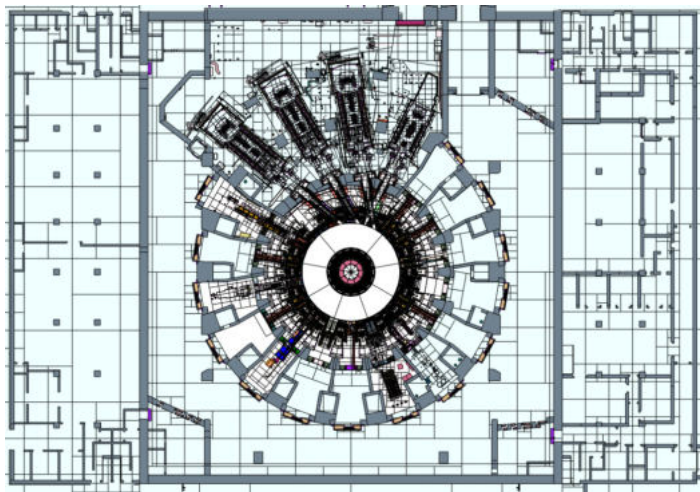
R. Juarez, G. Pedroche et al., *Nature Energy* 6 (2021) 150-157

MC/MCNP models of ITER: features and management



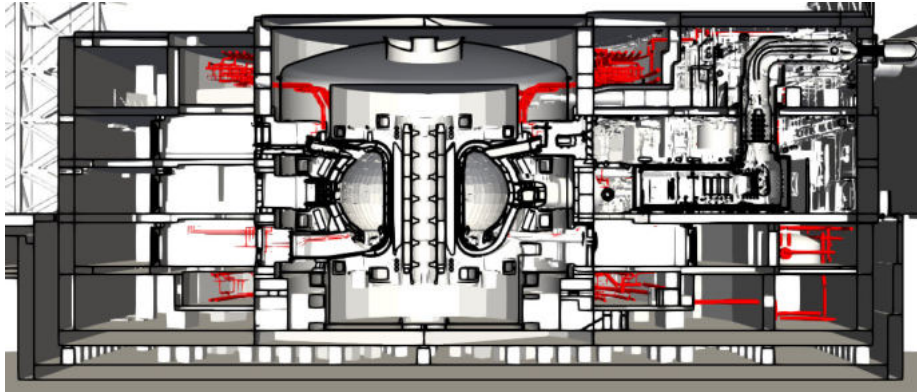
A new generation of models is now viable to be managed thanks to MCUNED-Plus

- **E-lite:** Produced in 2019, ~600,000 surfaces,
- **Full site model:** Produced in 2022, ~1,400,000 surfaces

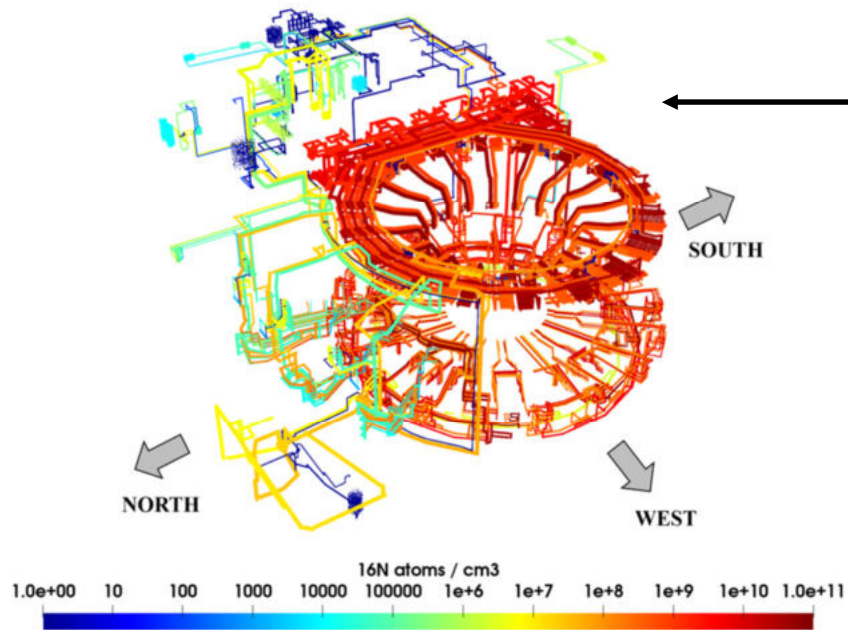


Larger models permit to avoid assumptions & artifacts → Robust safety demonstration

Water related radiation sources

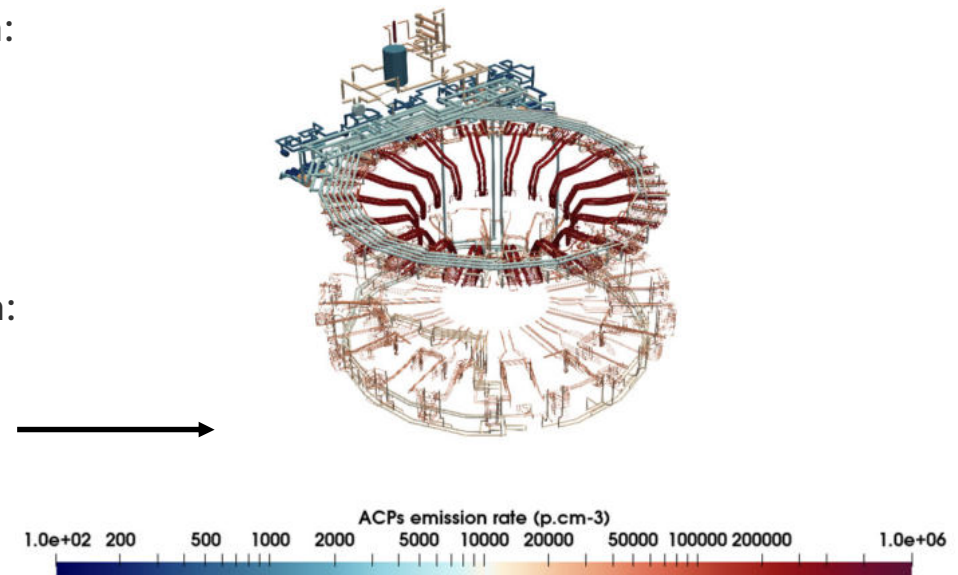


~20,000 pipes carry powerful radiation sources with strong impact on radiation conditions during operation and shutdown, inside and outside the complex



During operation:
 ^{16}N , ^{17}N and ^{19}O

During shutdown:
ACPs



Algunos estudios: Mapas de radiación en ITER

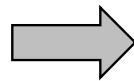
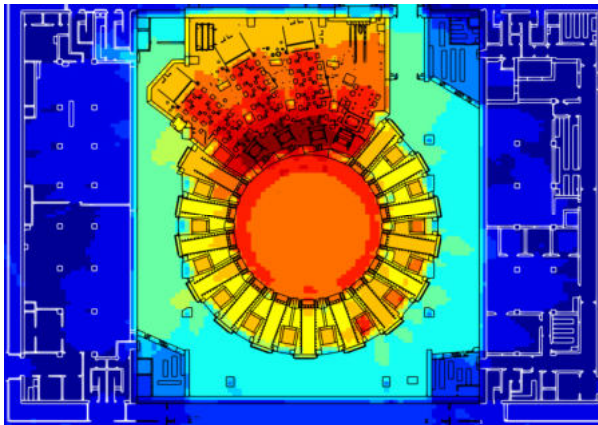
RadMaps: Machine operation (Mode 0)



Outcome of radiation atlas 2020:

- Compliance of the ITER shielding with regulatory limits for public protection was demonstrated
- Rad levels to define electronic and electric equipment qualification programs were obtained
- Radiological zoning for workers exposure was obtained as well
- Many unknown aspects were faced for the first time
- Autorité de sûreté nucléaire (ASN) is reviewing the work

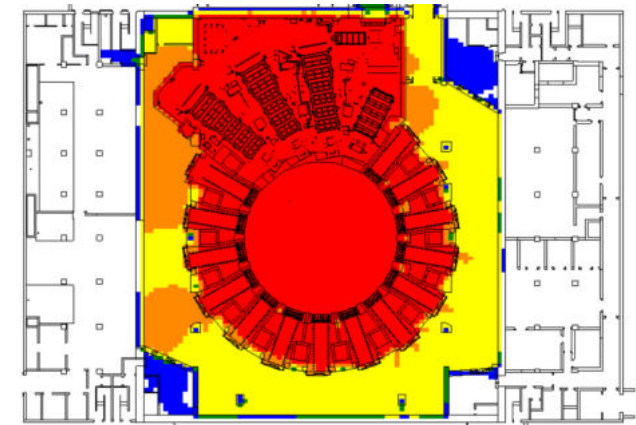
Rad Map



Radiological zone	Zone	Maximum total effective dose for the entire body - external and internal exposure
White	Unregulated	< 80 μ Sv/month
Blue	Supervised	1.25 mSv integrated on a month
Green	Controlled	4 mSv integrated on a month
Yellow	Controlled	2 mSv integrated on one hour
Orange	Controlled	100 mSv integrated on one hour AND 100 mSv averaged over a second
Red	Controlled	100 mSv integrated on one hour OR 100 mSv averaged over a second



Zoning



RadMaps: Machine operation (Mode 0)

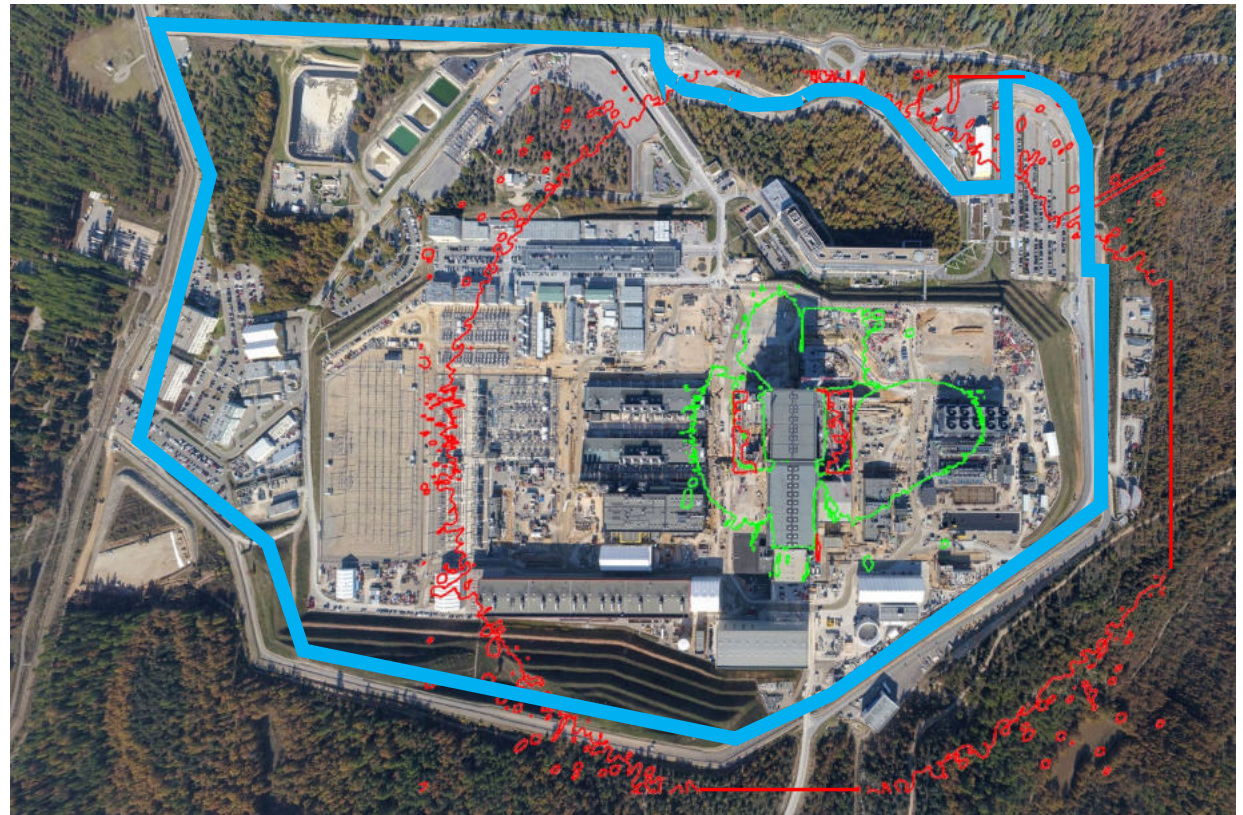
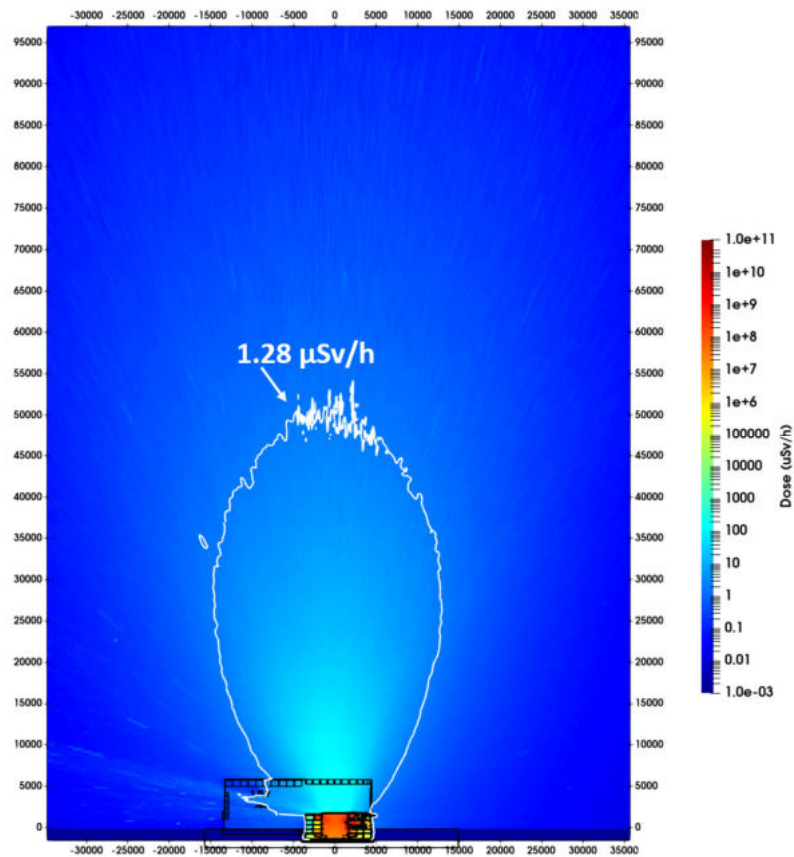
UNED

Limit for public: 1 mSv/year

(780 hours / year) → **1.28 $\mu\text{Sv/h}$**

— 0.1 $\mu\text{Sv/h}$

— 0.01 $\mu\text{Sv/h}$



RadMaps: Machine shutdown & ALARA (Mode 1)



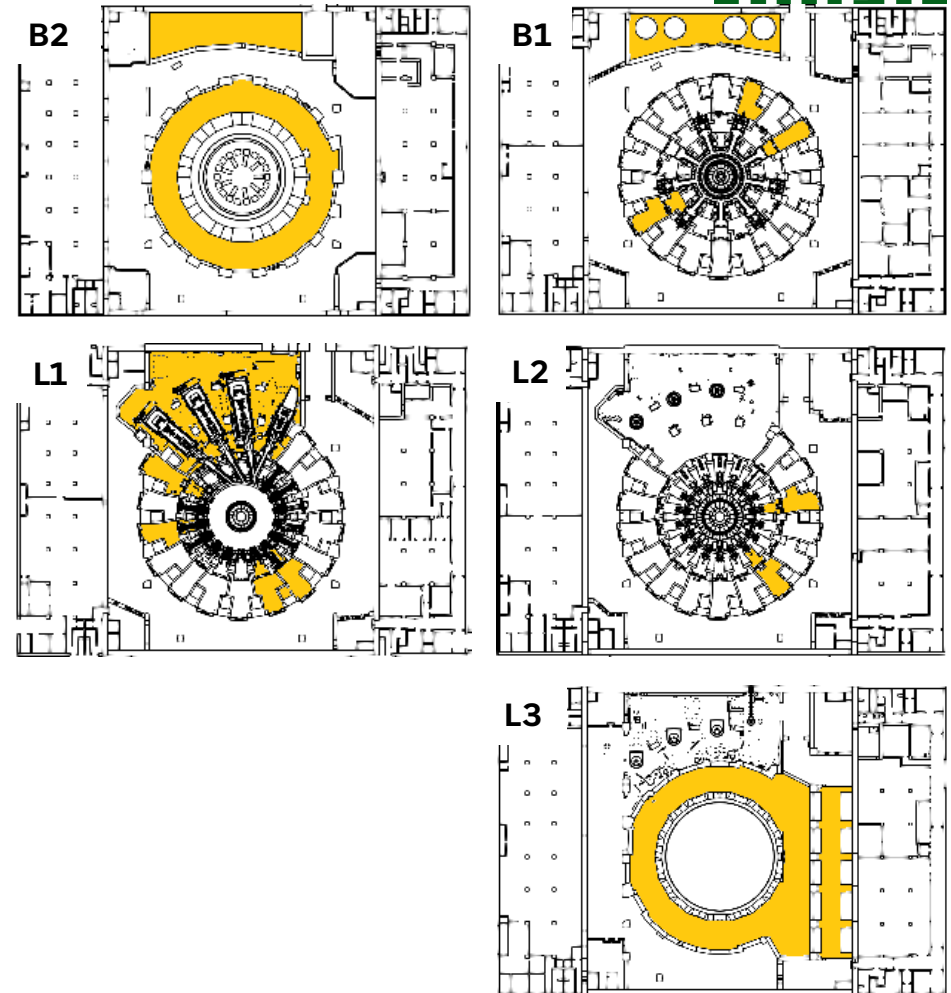
First assessment of the Occupational Radiation Exposure of the facility carried out by Orano, Jacobs, UNED and ITER team

UNED was in charge of the radiation mapping of 14 areas to characterize the entire facility

It is the most complete characterization of the ITER radiation field during shutdown to the date

~30 shielding measures were accepted and important lessons were learnt

→ 2020-2023

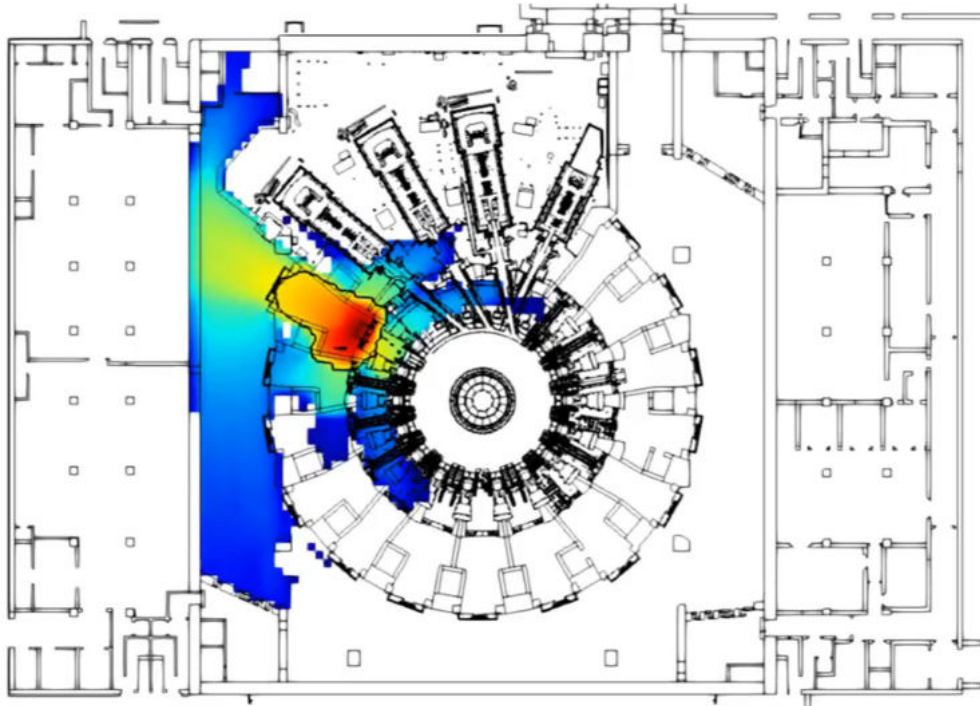


RadMaps:Transportation of activated components (Mode 2)

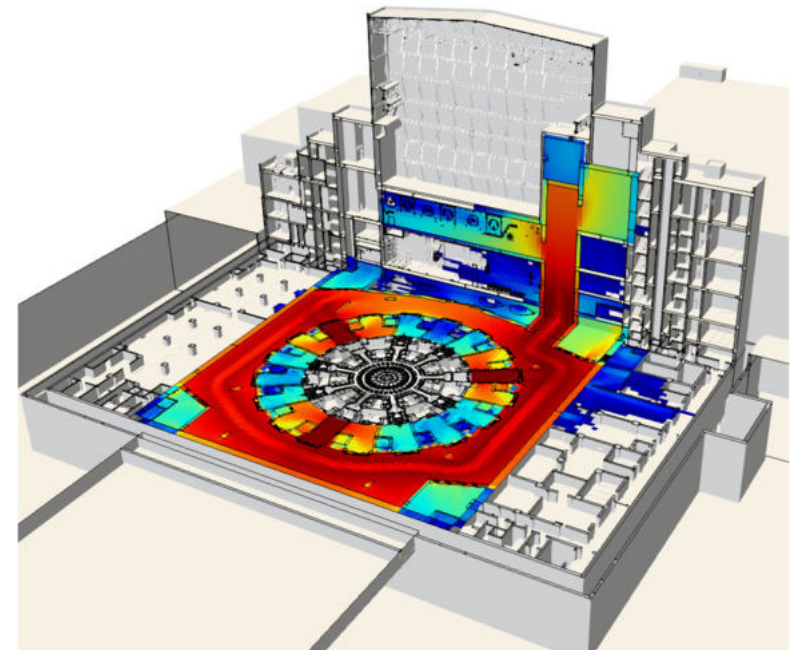
UNED

Determination of the radiation loads due to the transportation of in-vessel activated components to the ITER Hot Cell → extractions of all the in-vessel components have been analyzed

120 minutes transit – dose rate from transporting EP#8



Dose from 54 divertor cassettes extractions

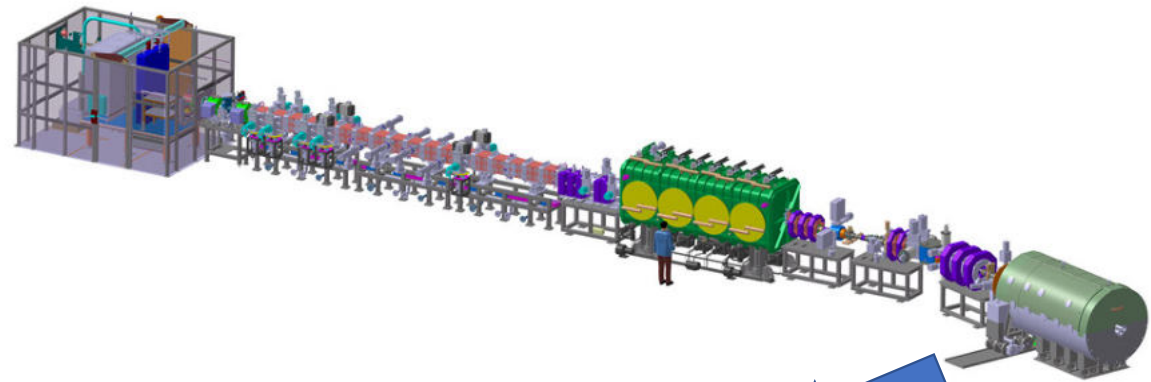


Análisis nucleares en aceleradores de alta intensidad: IFMIF/EVEDA y DONES

Our previous experience: IFMIF/EVEDA



- LIPAc: The IFMIF Prototype Accelerator
 - 9 MeV deuterons, 125mA.
- Operating in Rokkasho (Japan)

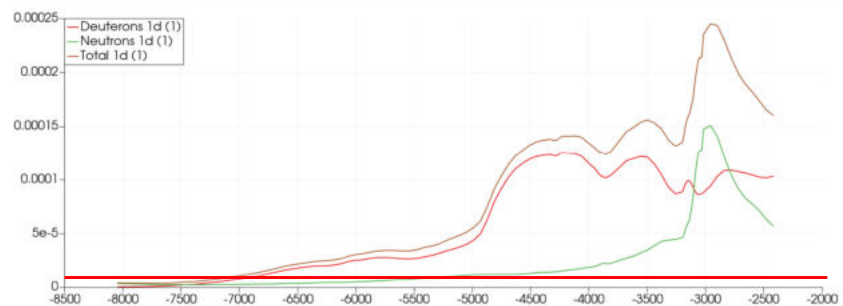
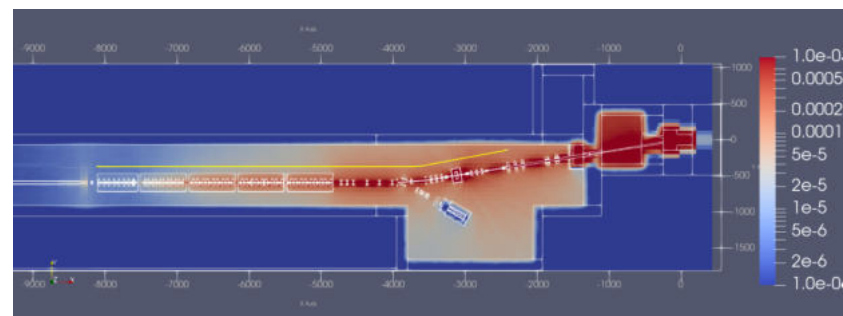
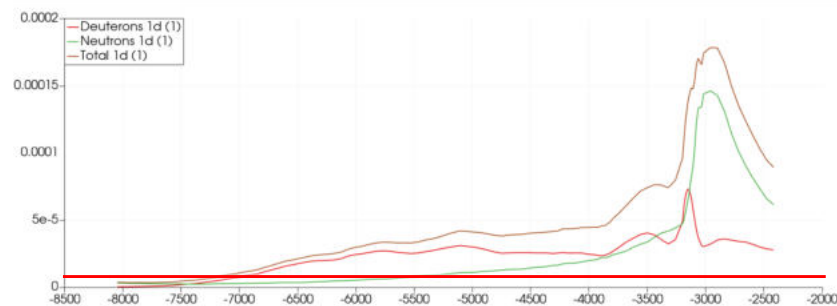
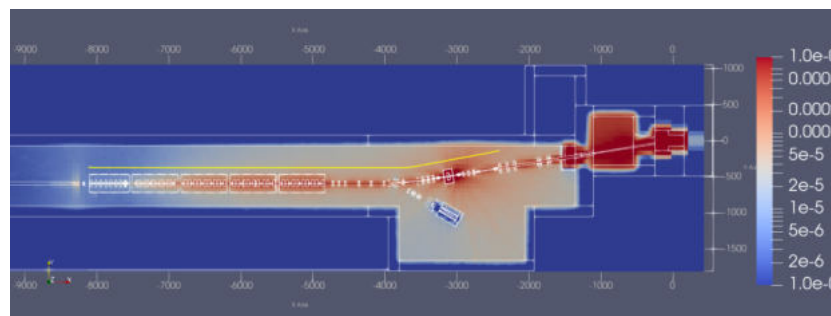


Recognition
to UNED

DONES: Dosis @ 1 día después de parada Al vs SS – 1D plots @ 1m distancia a la superficie del acelerador



- Se ha mitigado las dosis residual:
 - debido al cambio de materiales en la línea de transporte de alta energía.
 - se facilita las operación de mantenimiento
 - sistema único para cálculo simultaneo de dosis por activación inducida por deuterones y neutrones



Algunos proyectos/colaboraciones y retos actuales



- Fusión por Confinamiento Inercial: National Ignition Facility (NIF).
 - Sistema TART-ACAB. Reconocimiento de LLNL por ACAB (1995-2003).
- Fusión por Confinamiento Magnético: ITER
 - Software, modelos y análisis de referencia.
 - Ejecutado ~ 40% de la neutróica últimos 10 años. Ahora **Diseño de la Hot Cell**
- Aceleradores: Diseño de Beam Dump IFMIF-EVEDA y ahora **IFMIF-DONES**
- DEMO **tokamak** y **stellarator** Helias in the European programme
- Xcimer Energy Inc.: diseño conceptual de cámara de reactor **FCI**
- España: CIEMAT (instalación **CID**); Univ. Sevilla (**SMART**), IFN-Guillermo Velarde.

Ciclos de calculo para FUSIÓN más eficientes y confiables + análisis de impacto.

Comentarios finales



Revolución en el campo del análisis nuclear y radiación (ANR) gracias a ITER:

- Nuevo y potente ciclo de análisis, que ha alcanzado buen nivel de madurez
- Esquemas 3D avanzados son ahora parte del proceso de diseño
- Quedan retos pendientes en las distintas aproximaciones hacia la FUSIÓN

Con ITER también hemos aprendido a diseñar: muchas lecciones aprendidas

* **Potenciar transferencia en la UNED: conocimientos/formación y de tecnologías.**

- colaboración universidad-OPI-empresa, proyectos de Doctorado Industrial, proyectos de Master, etc.

Las Tecnologías de Simulación ANR son ya un retorno de la FUSIÓN a la sociedad. Podría ser de interés para la industria incorporar estos avances.