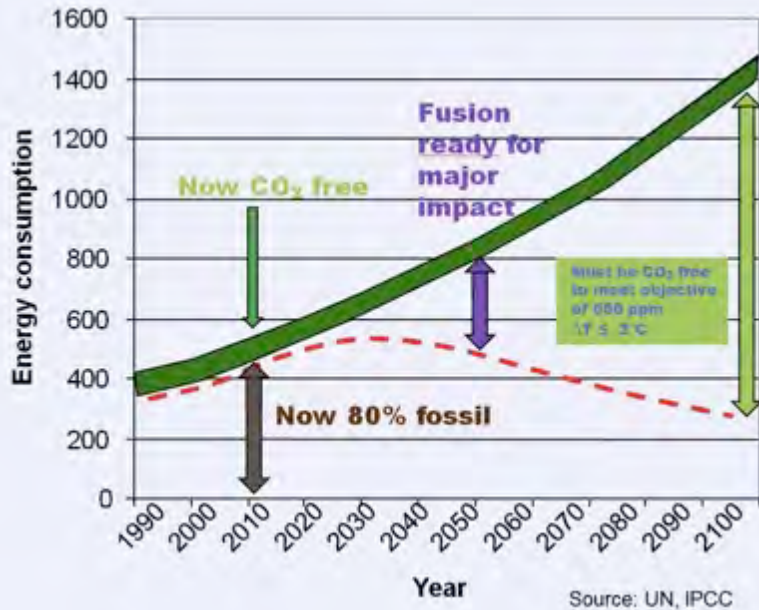


Proyecto de fusión ITER y sus oportunidades industriales

Carlos Alejandre
Deputy Director-General ITER Organization

El Desafío Energético



Tenemos que producir energía libre de CO₂ de forma masiva!

Consumo energético mundial ha crecido un 50% desde 1973. IEA predice que crecerá otro 60% para 2030. (International Energy Agency - IEA)

Opciones para el futuro

- **Combustibles fósiles:** desarrollar en implementar la captura y almacenamiento de CO₂
- **Renovables:** logros en producción y almacenamiento
- **Fisión Nuclear:** aceptación social
- **Fusión:** debe demostrar la viabilidad científica y tecnológica

ITER

Desafío global, respuesta global

La idea de construir ITER nace en la cumbre de Ginebra de 1985, cuando el presidente de USA Reagan y el Secretario soviético Gorbachev proponen movilizar la comunidad internacional para desarrollar la energía de fusión ...
... "con el fin de poner a disposición de toda la humanidad una fuente de energía inagotable".



El 28 Junio 2005, los miembros de ITER unánimemente acuerdan construir ITER en Cadarache

El 21 Noviembre 2006, el acuerdo ITER se firma en el Palacio del Elíseo en París.

Los siete Miembros de ITER representan mas del 50% de la población mundial y alrededor del 80% del PNB

China EU India Japon Corea Rusia USA

Porqué ITER?

Un gramo de la fusión D-T (combustible de ITER) equivale energéticamente a 8 toneladas de petróleo.

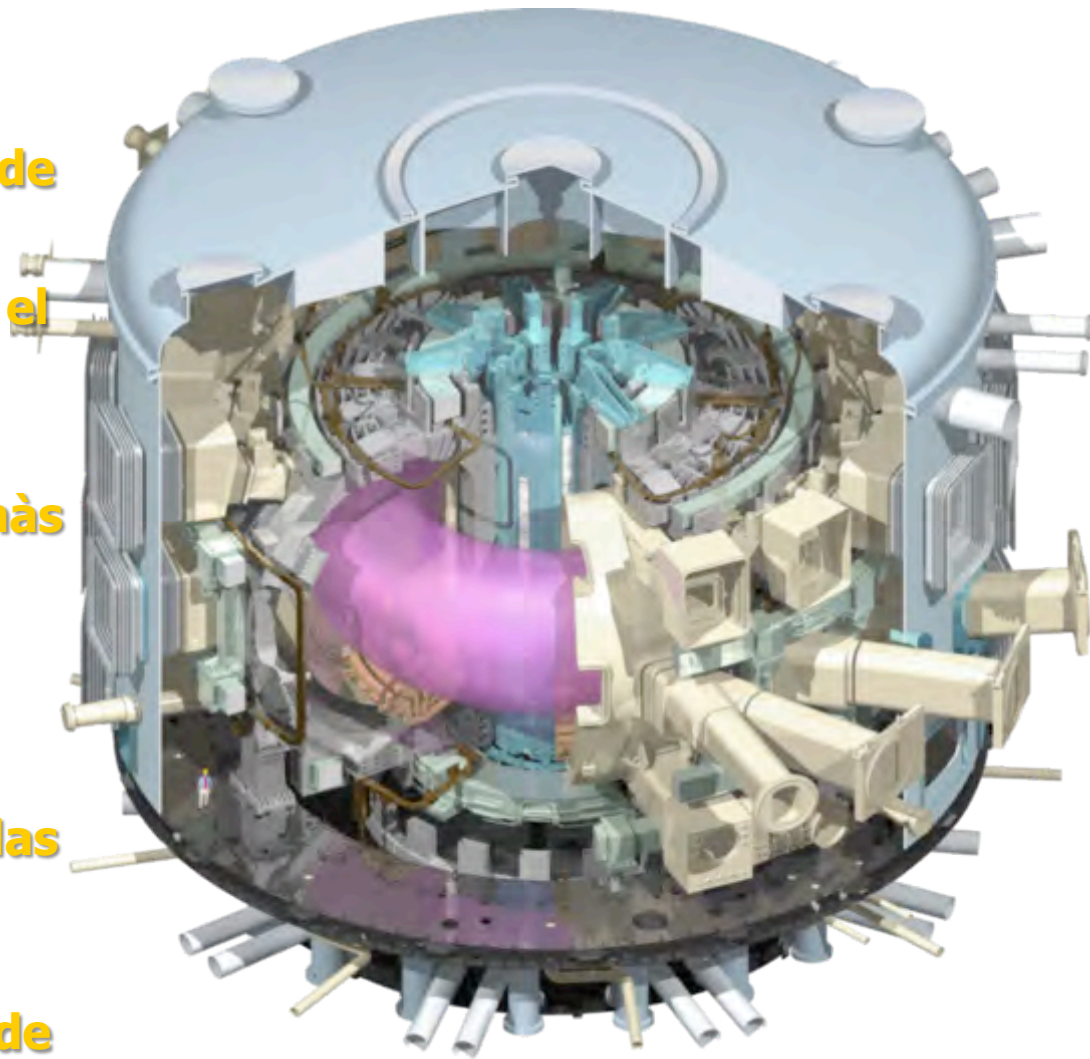
ITER es el paso necesario hacia el futuro reactor comercial de fusión.

En ITER se generará 10 veces más potencia de la utilizada para sostener el proceso:

Input 50 MW – Output 500 MW

ITER demostrará la seguridad, disponibilidad e integración de las tecnologías esenciales para los reactores de fusión.

10 años construcción, 20 años de operación, 5 de desactivación.

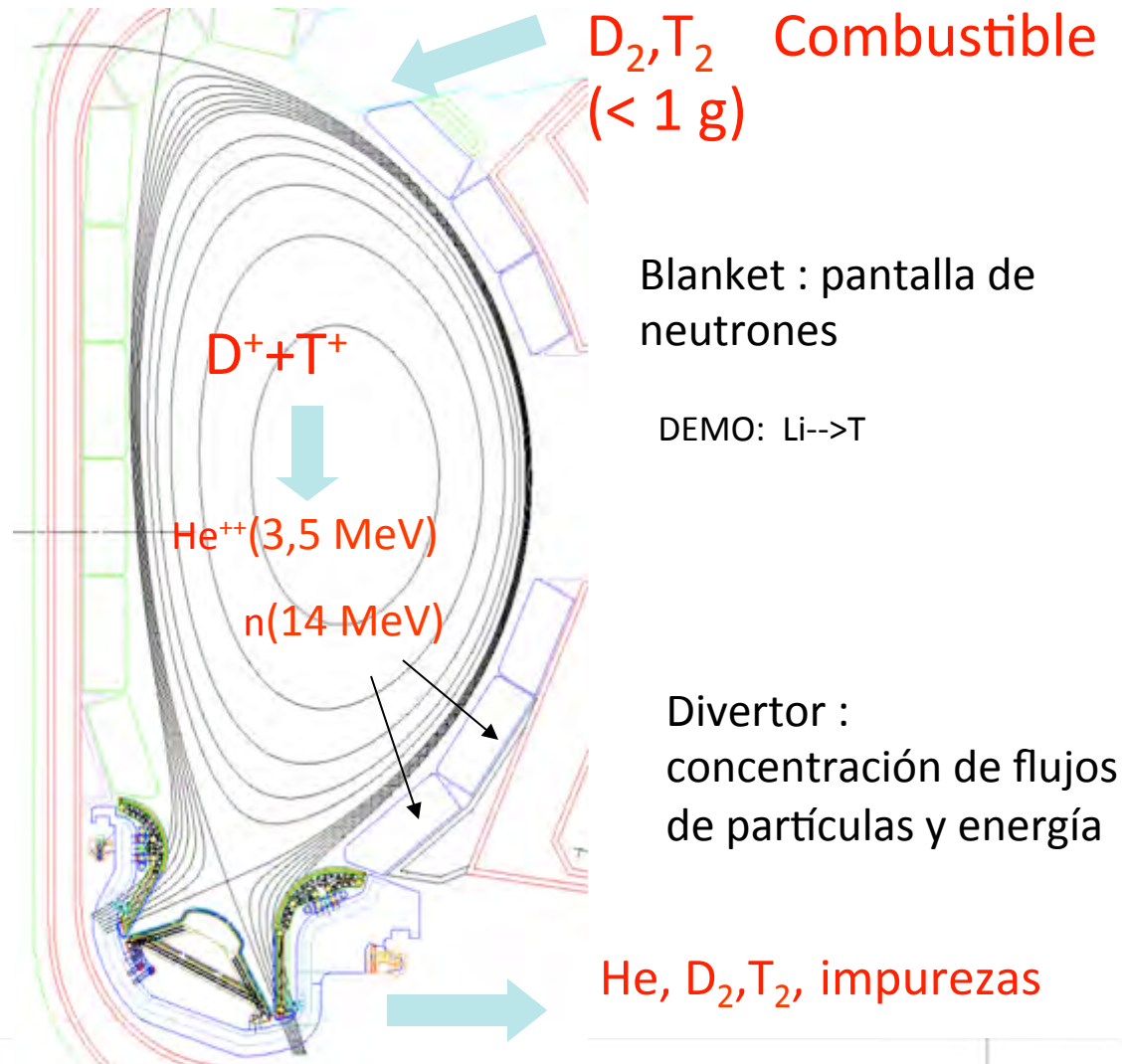


Construyendo un Sol en nuestro Planeta...

La fusión en el plasma de un Tokamak

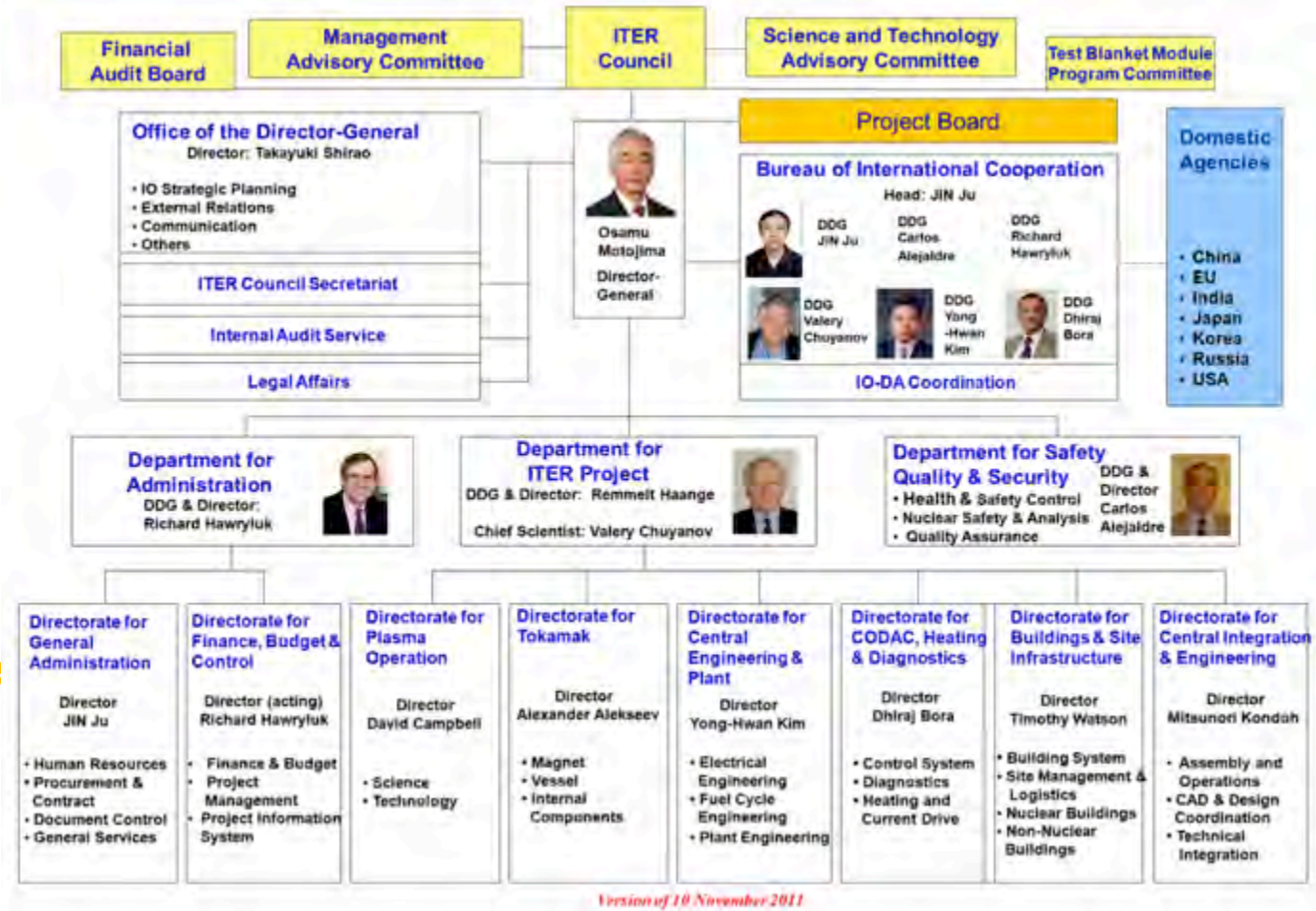
Plasma en forma de “judía”

V :	830 m ³
R/a :	6,2 m/2 m
Elongación vertical :	1,85
Triangularidad :	0,45
Densidad :	10 ²⁰ m ⁻³
Temperatura pico :	17 keV
Potencia de fusión :	500 MW
Corriente de plasma :	15 MA
Campo toroidal :	5,3 T



Organización

- Liderazgo sólido
- Una estructura organica simplificada, tipo task-force
- Ambiciosa con staff elegido competitivamente



Para un proceso de decisión rápido y su correcta implementación

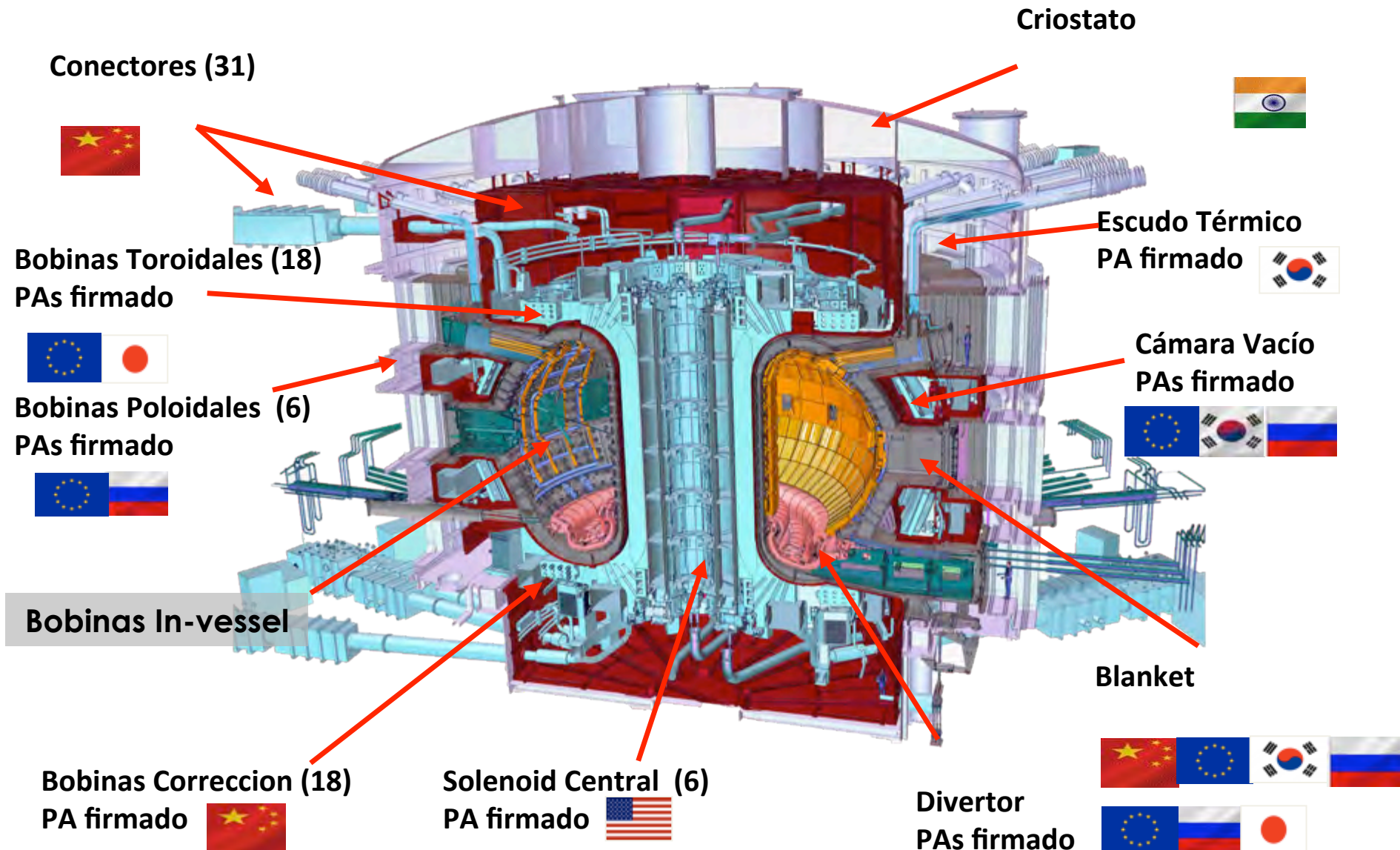
Personal



26 Nacionalidades Diferentes

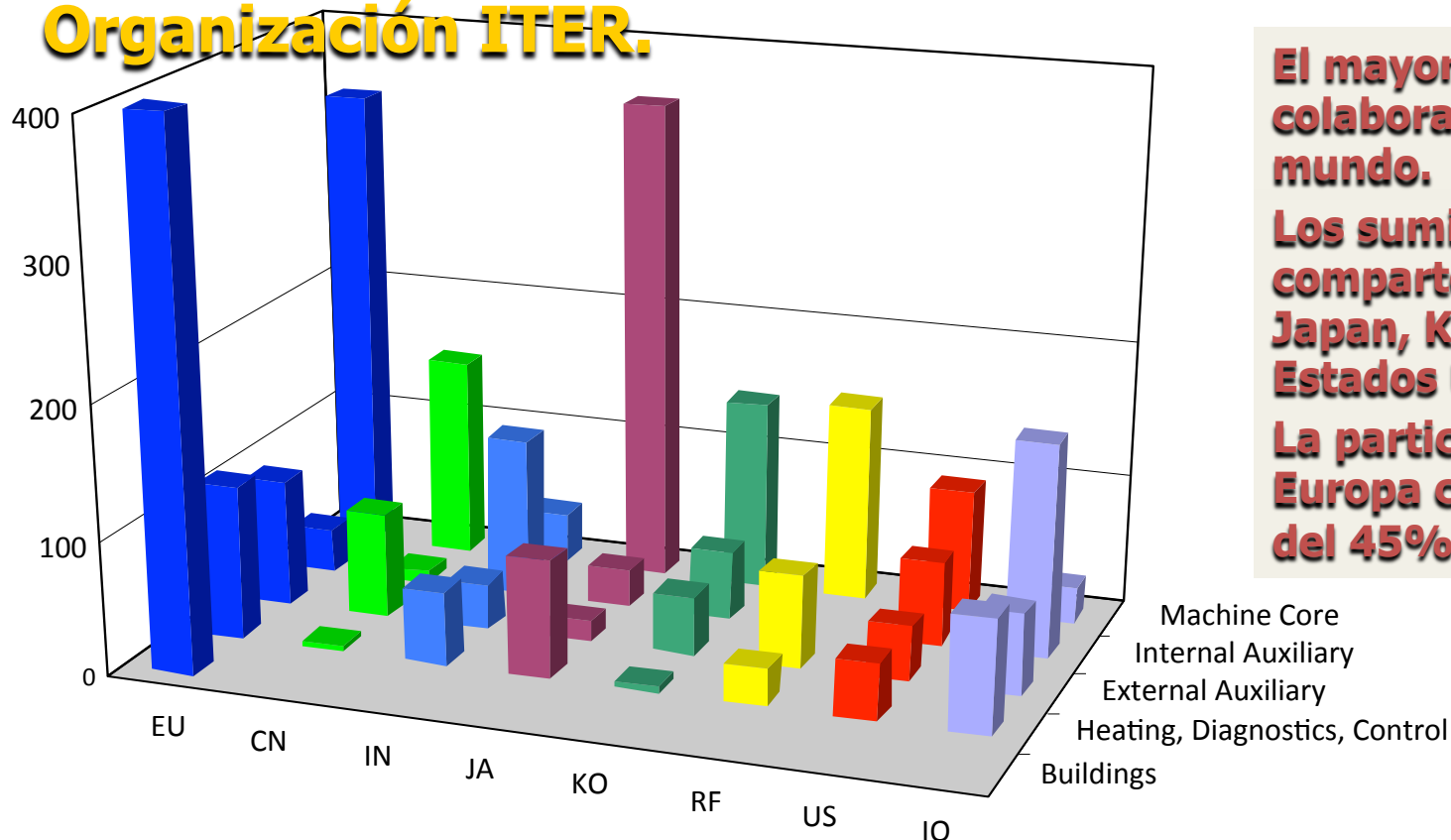
	Profesional	Staff apoyo	Total
CN	16	4	20
EU	179	125	304
IN	13	16	29
JA	28	7	35
KO	21	5	26
RU	19	3	22
US	23	11	34
Total	299	171	470

¿Quién construye qué?



Una formula única

ITER esta siendo construido a través de contribuciones "en especie" suministradas por los siete Miembros de la Organización ITER.



El mayor Proyecto de colaboración científica del mundo.

Los suministros los comparten China, India, Japan, Korea, Russia y los Estados Unidos (9%).

La participación de Europa como anfitrión es del 45%

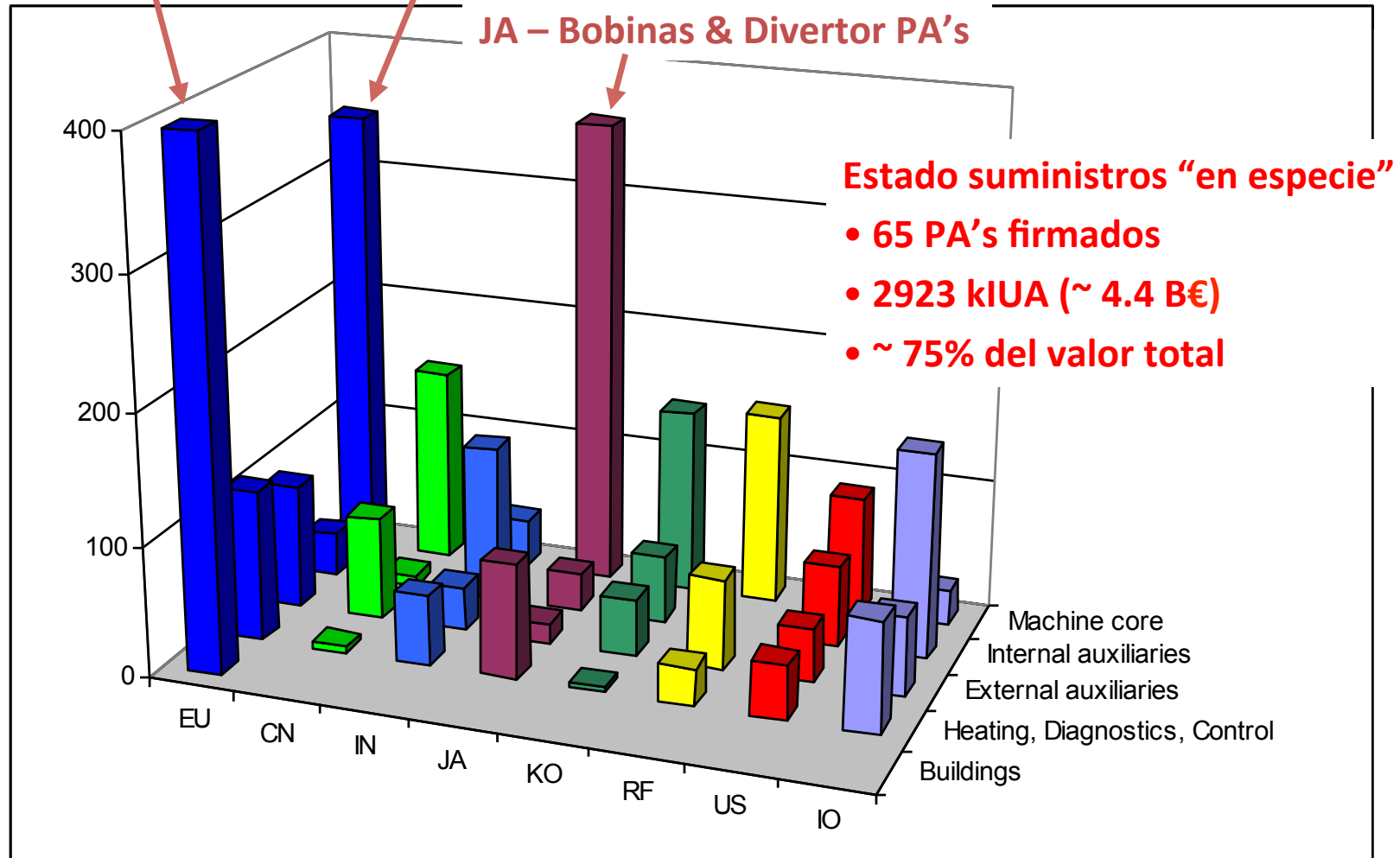
Techo de valor total 4,700 kIUA

Contribuciones “en Especie”

EU – Edificios & Excavaciones PA's

EU – VV & Bobinas & Divertor PA's

JA – Bobinas & Divertor PA's

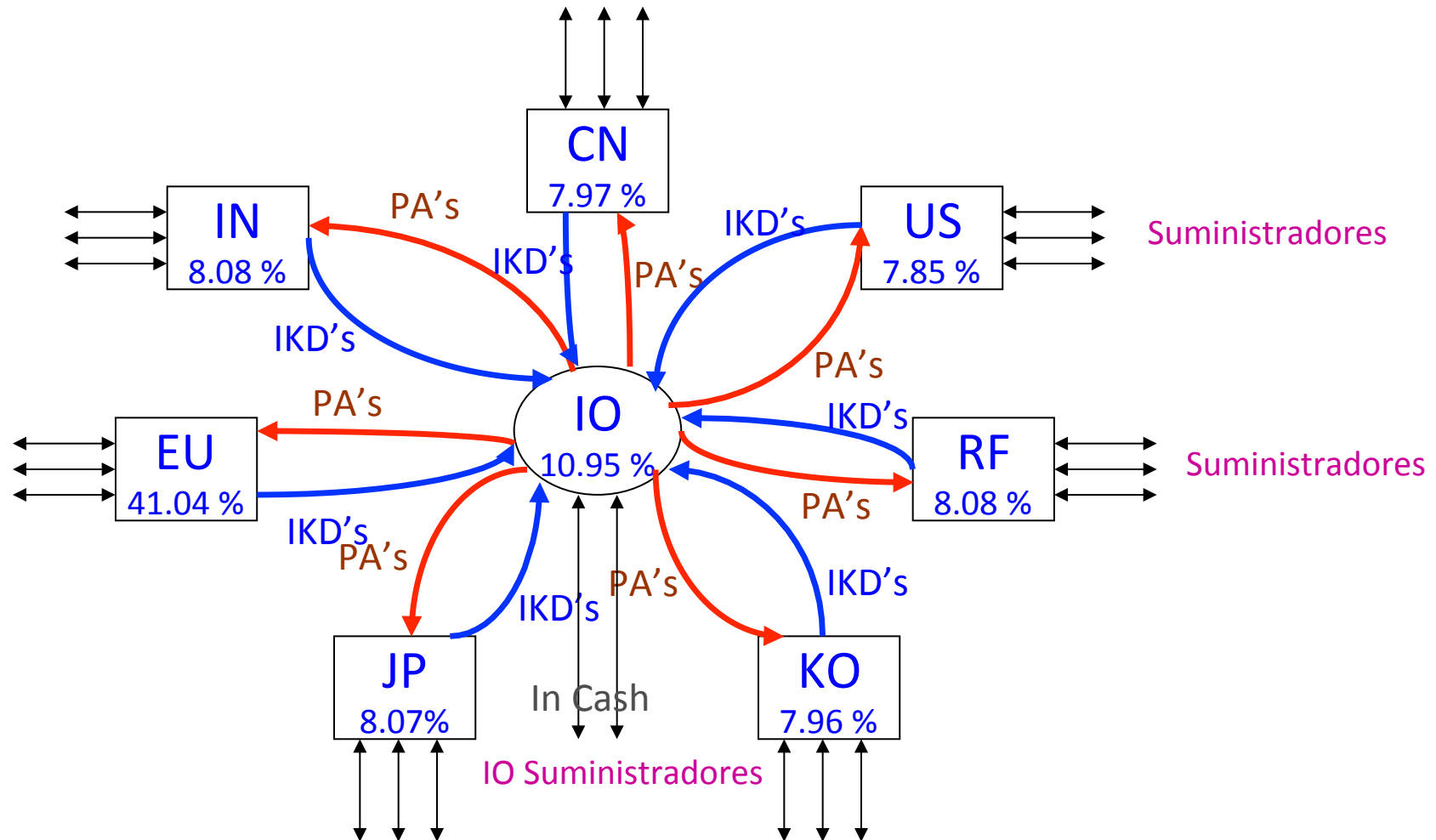


El Proyecto ITER – Agencias Suinistradoras



- 90% de los componentes de ITER serán suministrados “en-especie” por los Miembros a través de sus Agencias Domesticas

Relación IO-DA's-Suministradores



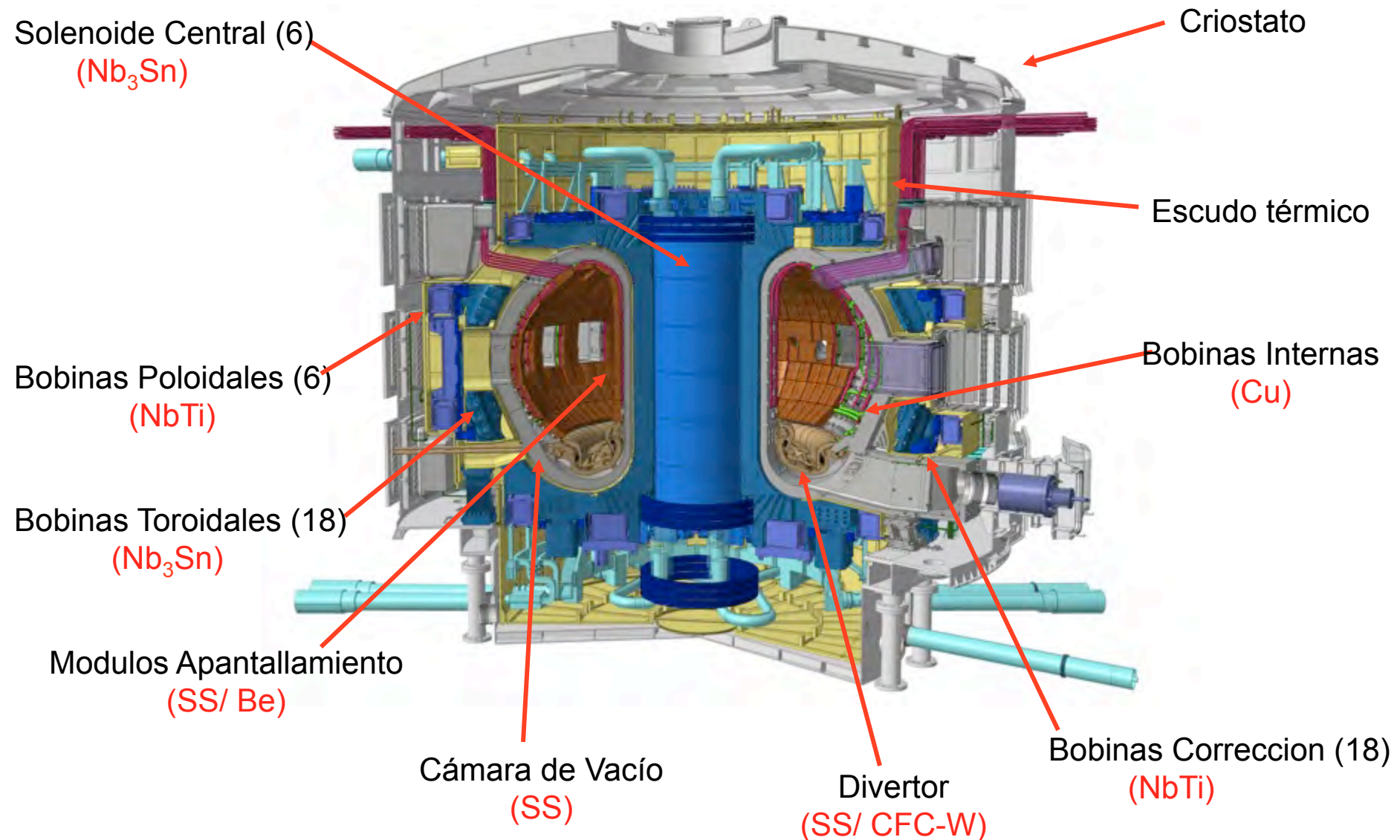
PA: Procurement Arrangements
IKD: In Kind Deliveries

Relación IO-DA's-Suministradores

- ITER se ajusta estrictamente a reglas de Mercado Publico
- Posibilidad de trabajar para ITER solamente a través de licitación
- La mayor parte de los suministros Europeos se canalizan a través de F4E en Barcelona.
- Diferentes clases de Contratos:
 - Ingenieria de apoyo, servicios
 - R & D
 - Suministros
- Para la Industria Europea, el partenariado entre compañías está resultando productivo.
- Para los contratos de IO competitivos mundialmente, ITER puede ser una oportunidad para construir partenariados internacionales.

COMPONENTES ITER

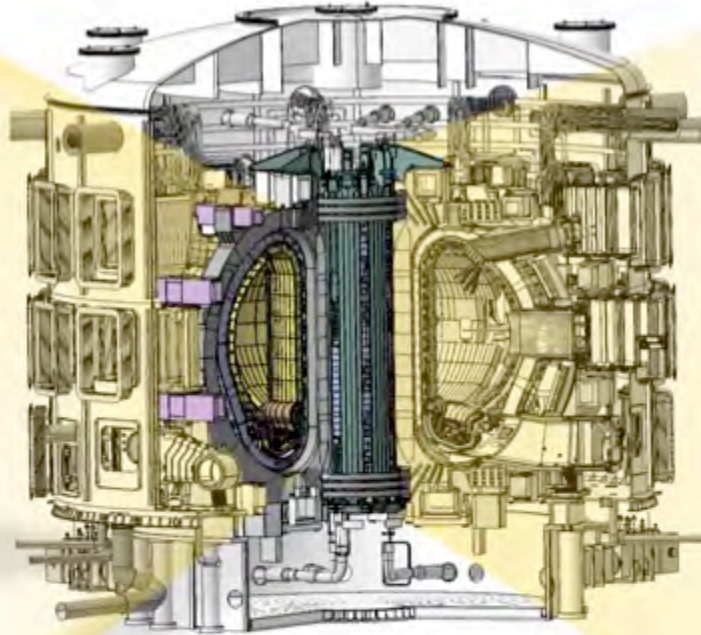
ITER - Componentes Principales



Bobinas – Tamaño y Performance sin precedente



TF Coils
11.8 Tesla, 41 GJ
400 MN fuerza central

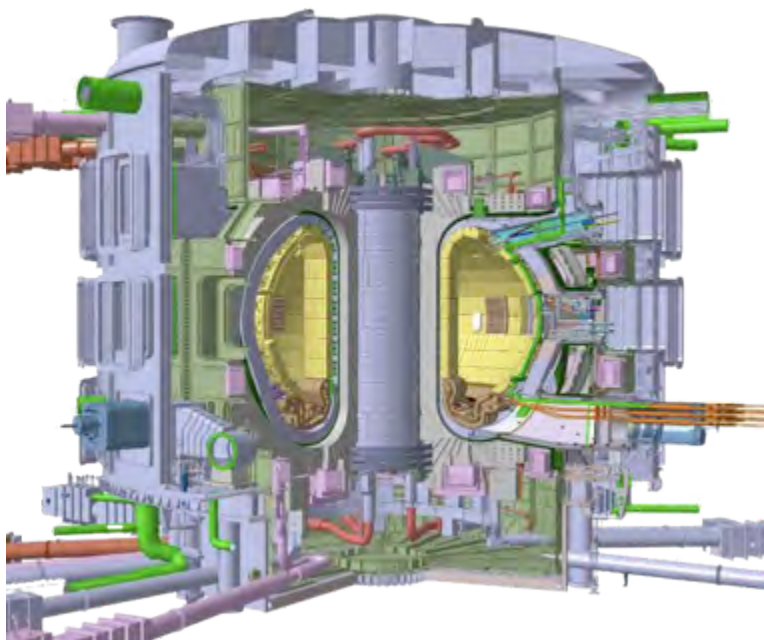


Solenoid Central
13 Tesla, 7 GJ
20 kV, 1.2 T/s



Impresionante!

La energía almacenada en el sistema magnético de ITER es equivalente a la del porta-aviones Charles-de-Gaulle a una velocidad de ... 180 km/h

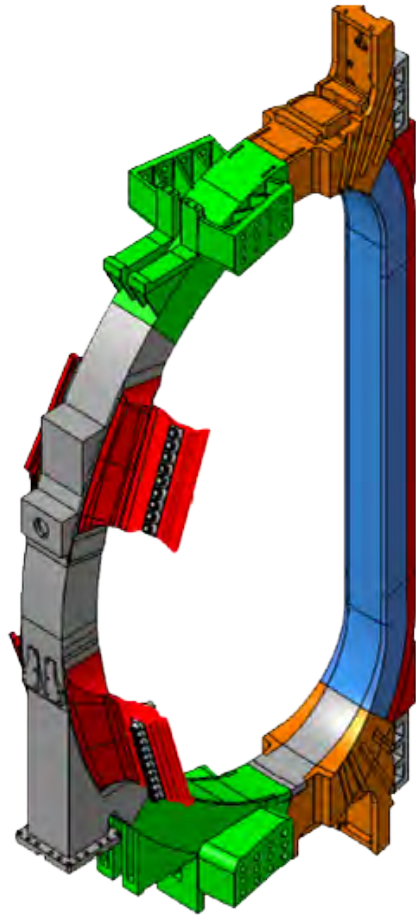


Peso del tokamak ITER:
~23 000 t



Porta-aviones Charles-de-Gaulle

Otra equivalencia...



Cada una de las 18 bobinas Toroidales es tan pesada como un Boeing 747 a plena carga.

Fabricación ha comenzado

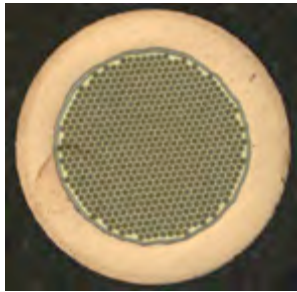
La fabricación de prototipos y componentes se esta desarrollando



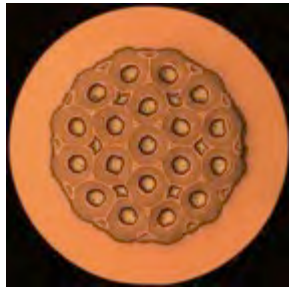
Hoisting superconducting Correction Coils, Institute of Plasma Physics, Hefei, China.

Fabricación ha comenzado

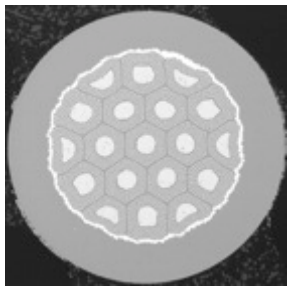
- JA, KO, RF, EU, US, & CN han obtenido las cualificaciones para producir los cables superconductores.



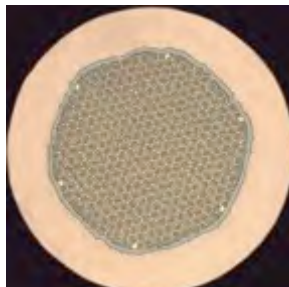
Hitachi, JA
(Br)



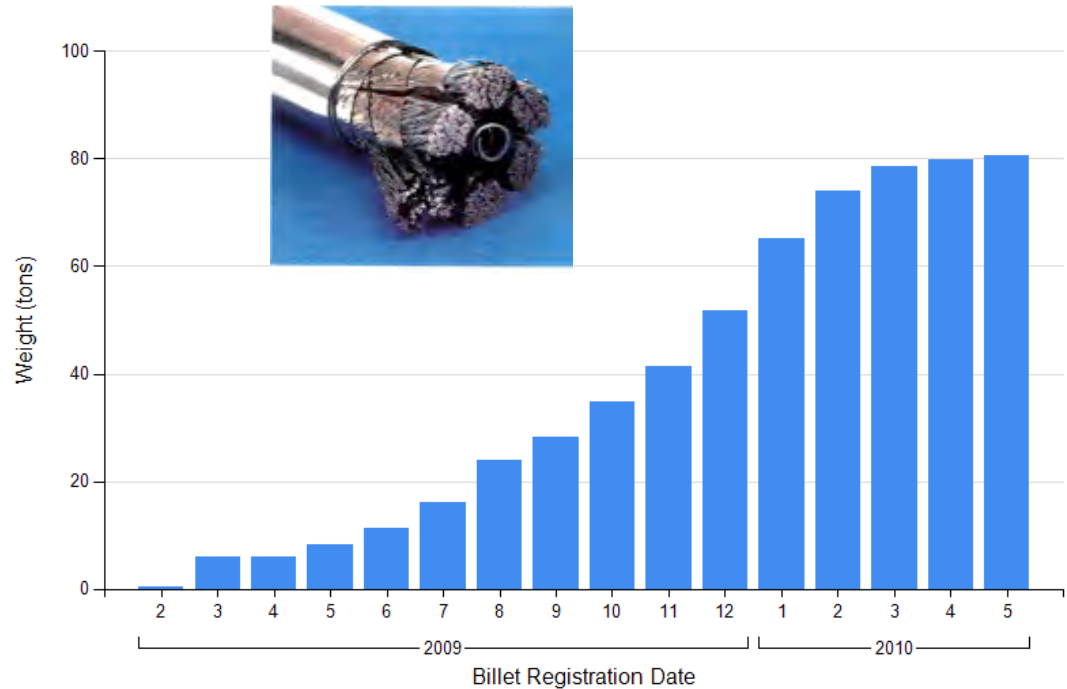
KAT, KO
(IT)



OST, EU/US
(IT)

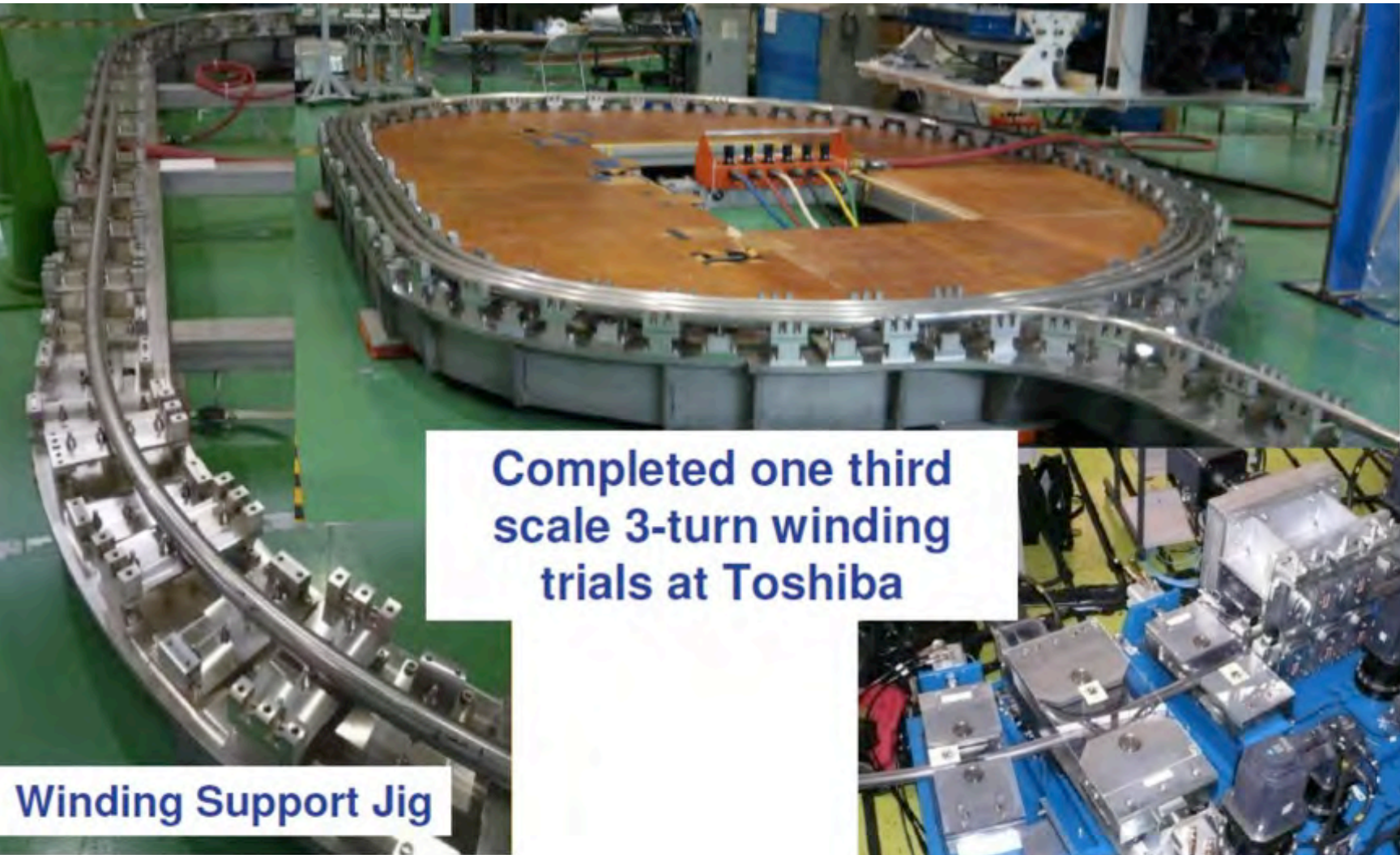


ChMP, RF
(Br)

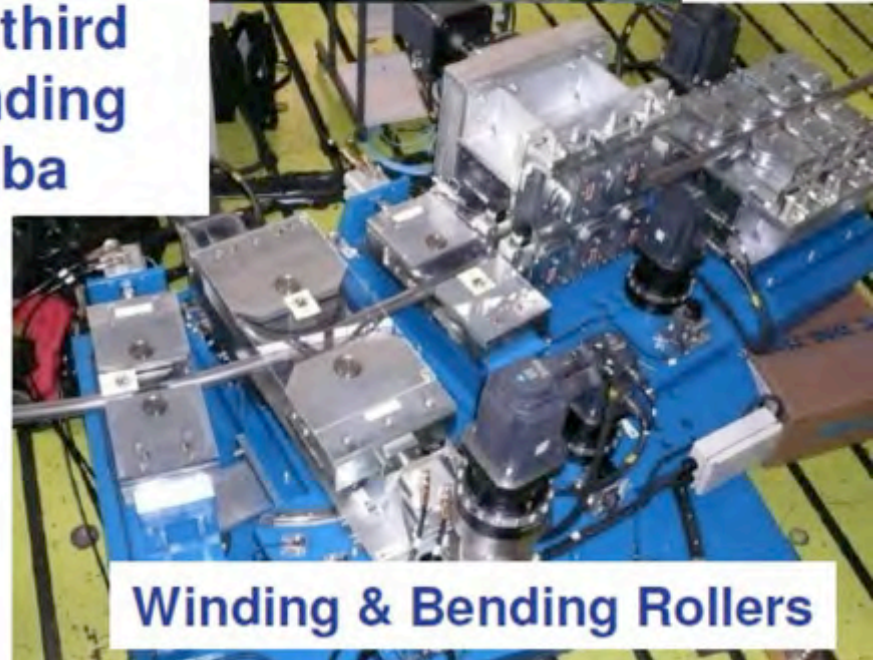


En este momento ~ 80 tons (mas de 15 000 km) de cable superconductor ha sido registrado en la Base de Datos, lo que corresponde a 4 bobinas toroidales.

Progreso en Bobinas TF - Japon

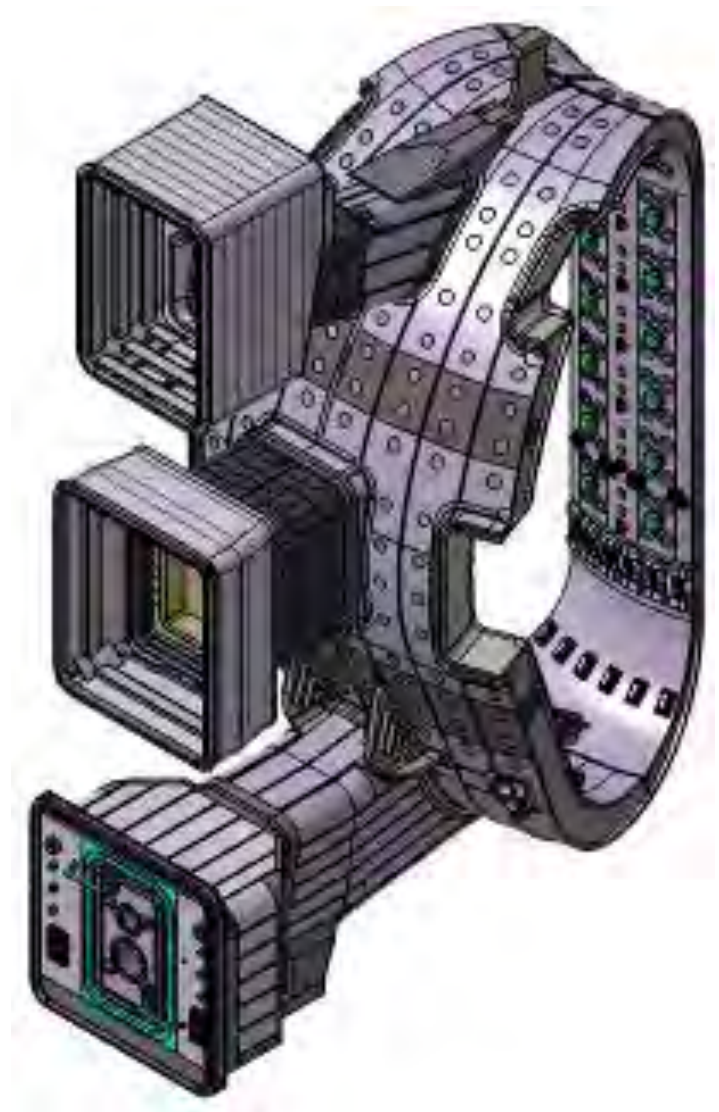
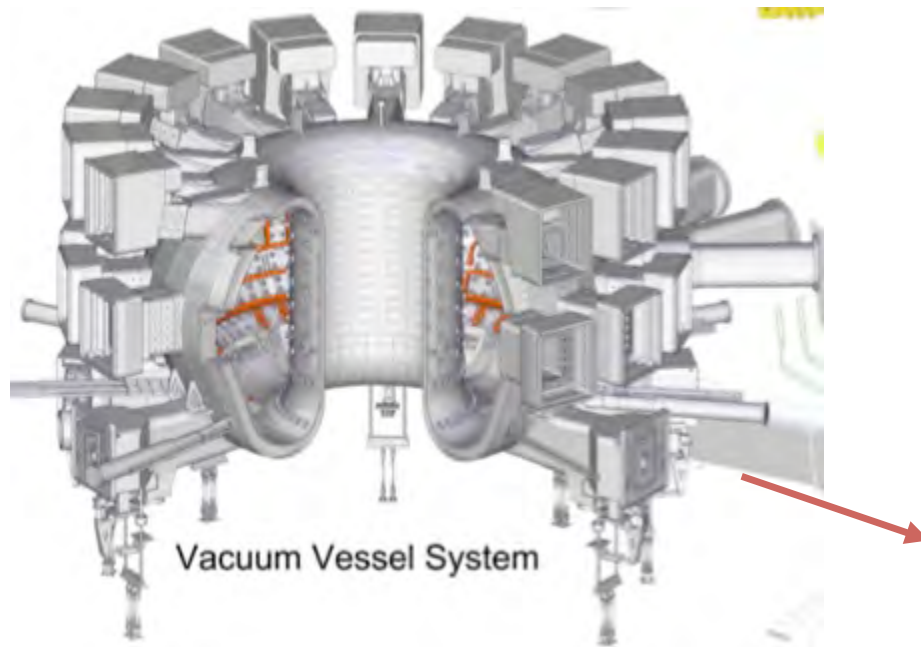


Completed one third
scale 3-turn winding
trials at Toshiba



Winding & Bending Rollers

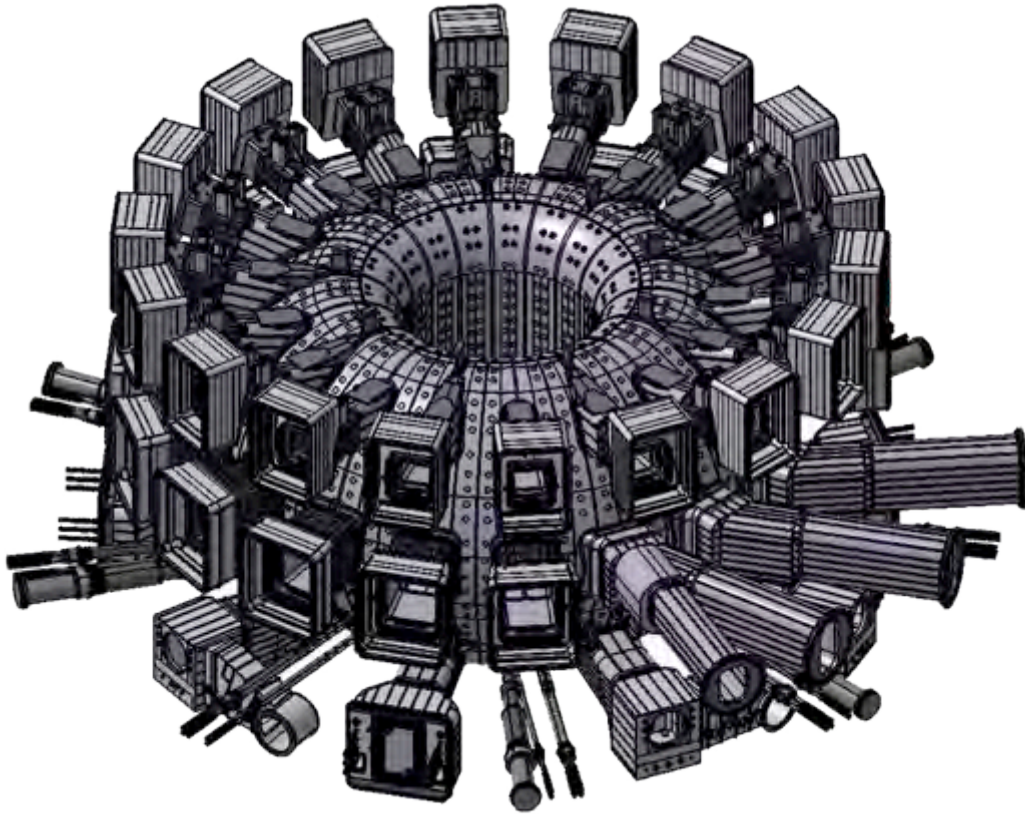
Cámara de Vacío



Facts

- Primera barrera de confinamiento para ITER
- SS 316 LN-IG
- ~5300 tons (VV, ports, shielding only)
- 19.4 m (63 ft) torus outer diameter
- 11.3 m (37 ft) torus height
- 9 Sectors assembled in triplets

Dimension...



Peso de la cámara de vacío y sus componentes internos: ~ 8 000 tonnes

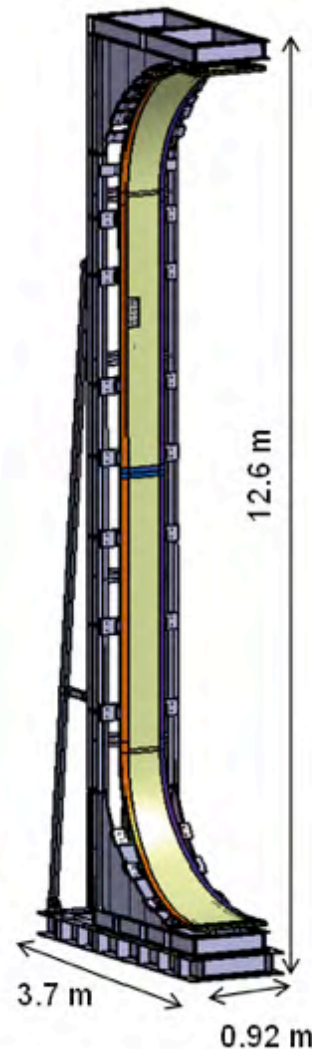


Peso de la Tour Eiffel : ~7 300 t.

Large Scale Mock-Ups of Vacuum Vessel and Thermal Shield



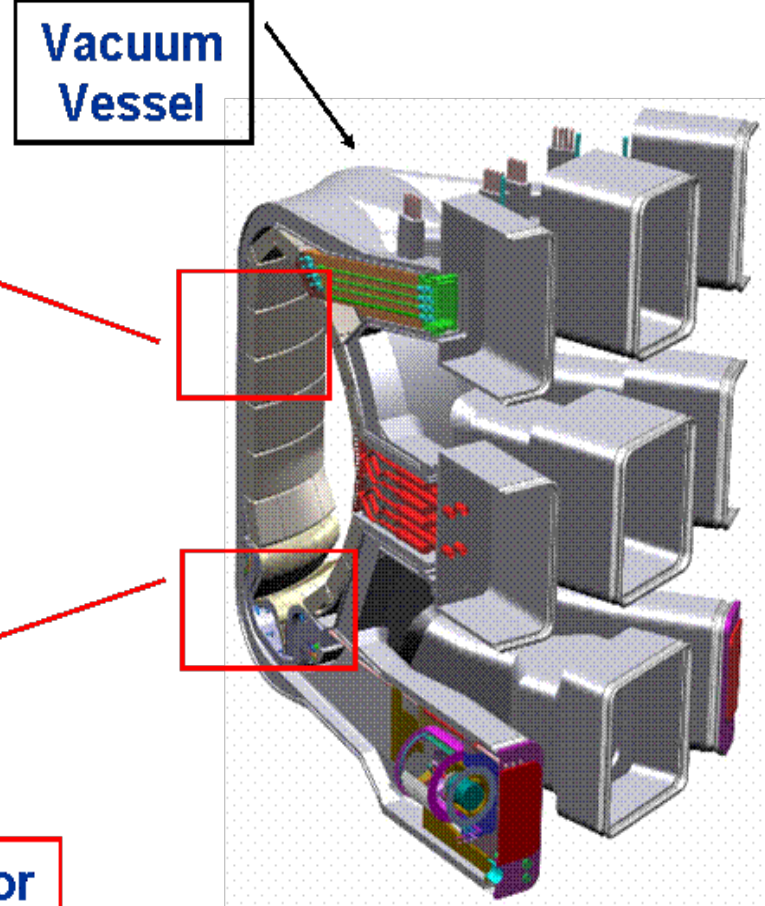
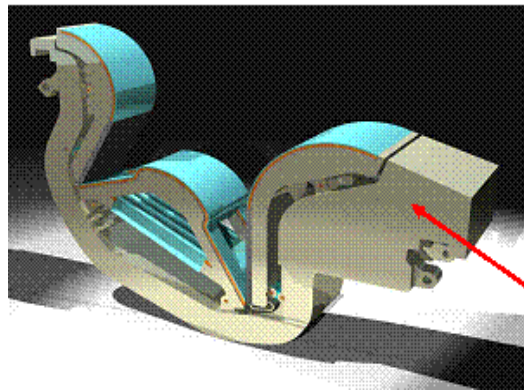
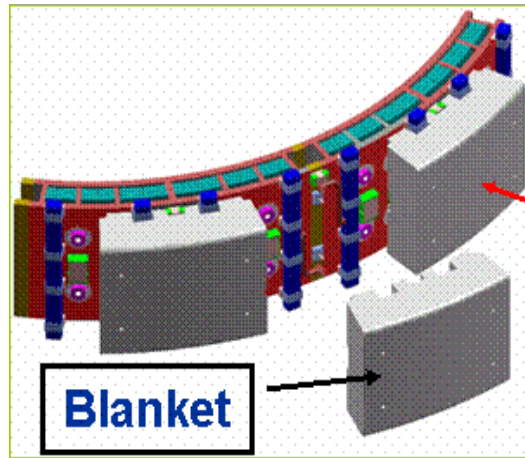
Inboard segment of a VV sector



- **Agencia Domestica Coreana está verificando los métodos de fabricación.**

Photos: KO DA

Componentes Interiores-Cámara Vacío



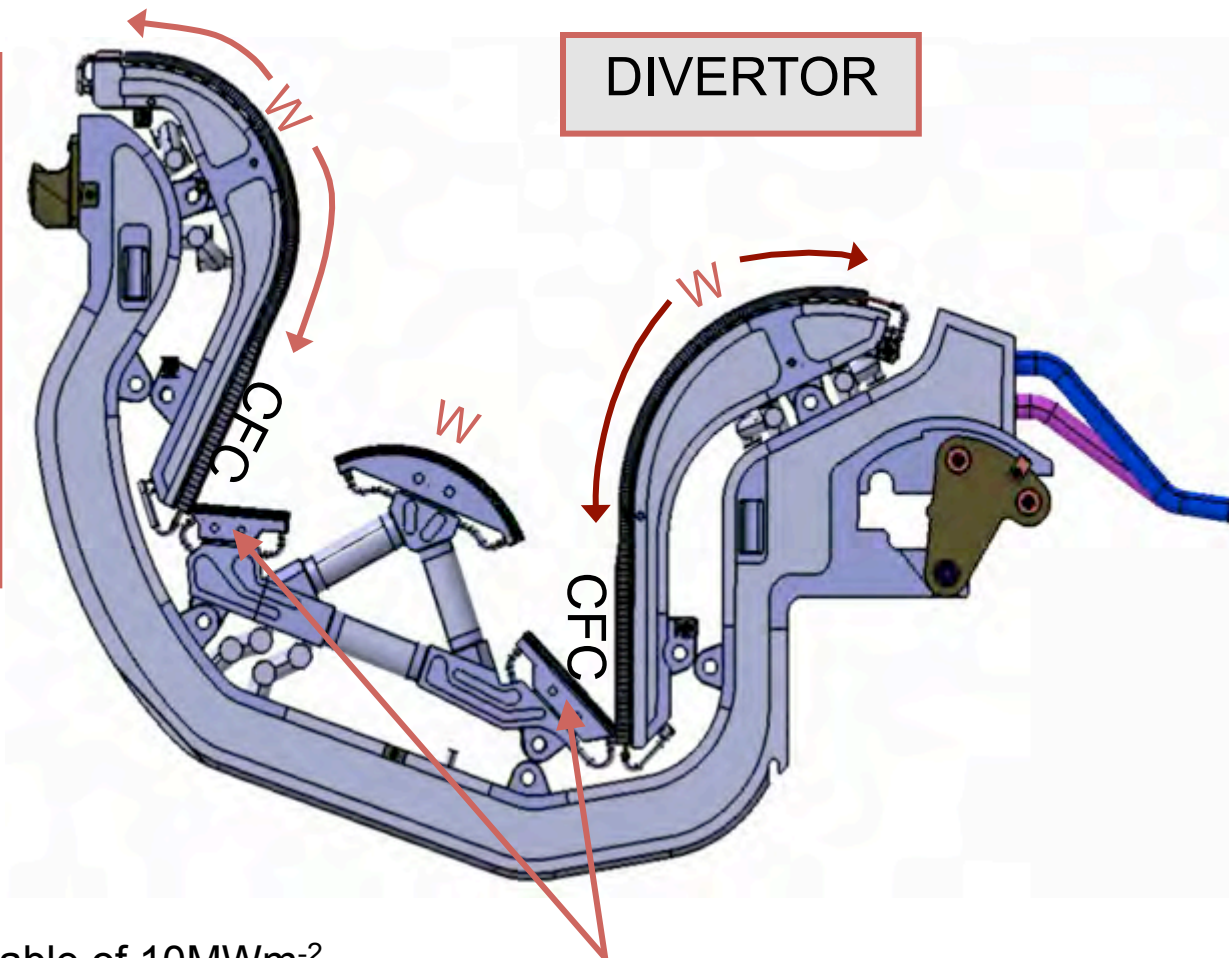
- Principales componentes:
 - Divertor: extracción de flujos de partículas y calor
 - Blanket / Primera Pared: apantallamiento calor, impurez y neutrones

Divertor

In the current ITER baseline:

CFC at the strike points, W on the baffles through the H and D phases

All-W from the start of DT operations



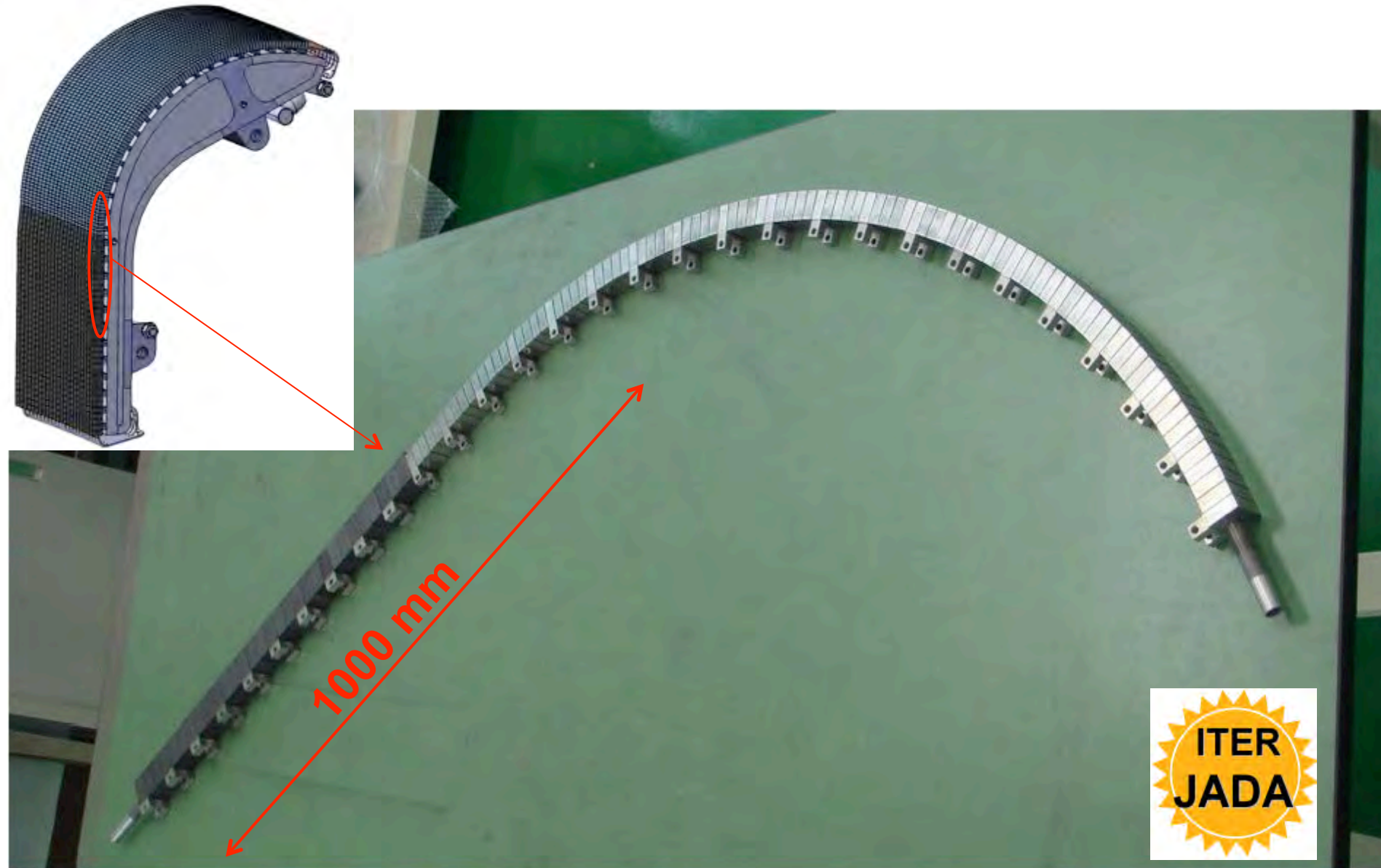
DIVERTOR

Divertor:

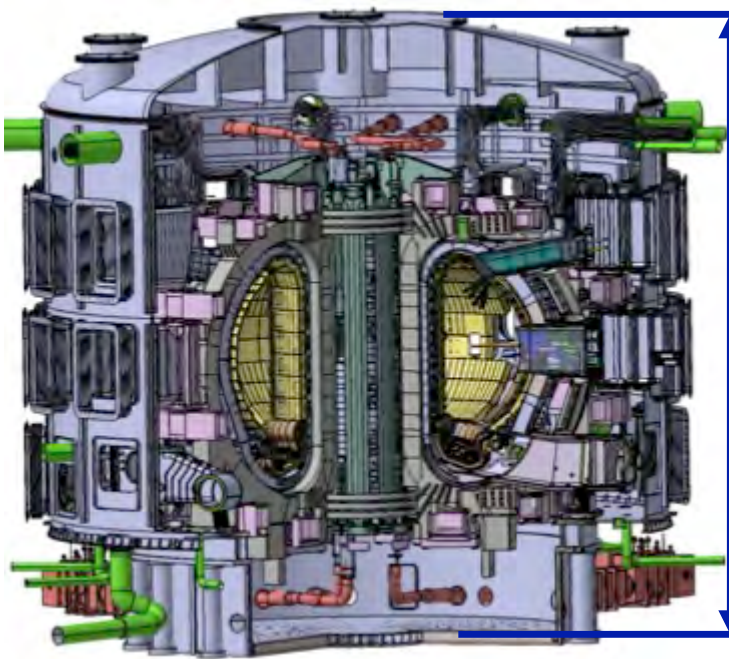
- 54 Divertor cassettes
- High heat flux components capable of 10MWm^{-2} in stationary operation and 20MWm^{-2} transiently

W – “reflector plates”

First Plasma-Facing Unit Manufactured by JA DA



Criostato



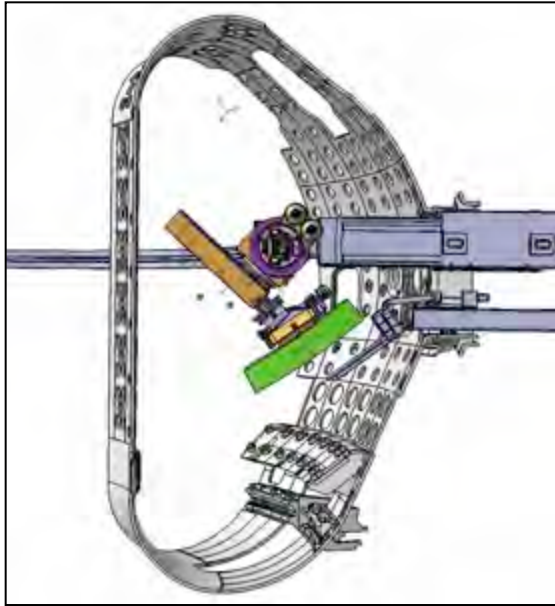
ITER Criostato
~28 m Tall x 29 m Dia.



Jefferson Memorial (Washington DC)
~29 m Alto



Sistemas de Operación Remota



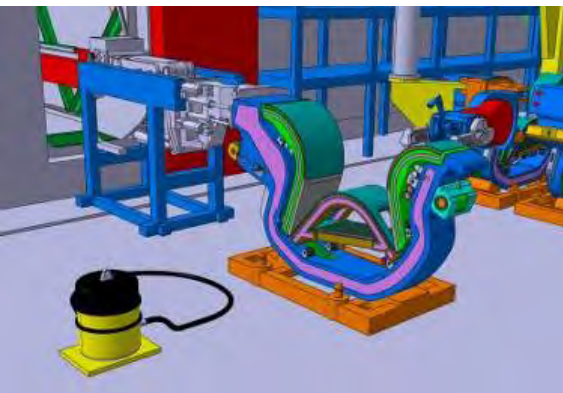
Blanket RH System (JA)



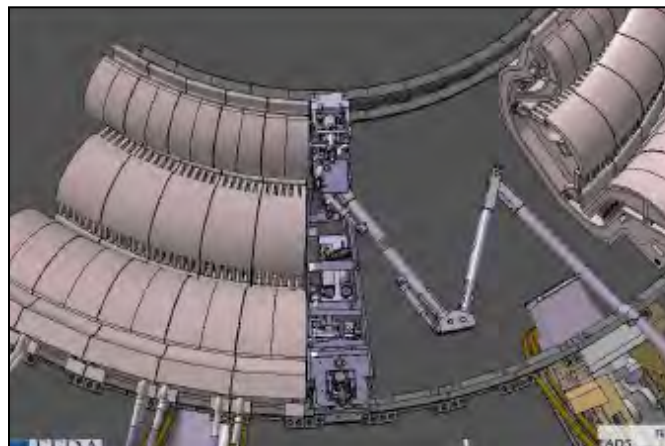
Transfer Cask Systems (EU+CN)



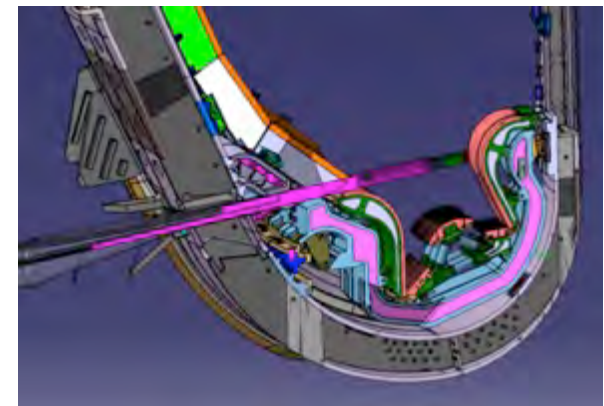
Multi Purpose Deployer



Hot Cell RH Equipment

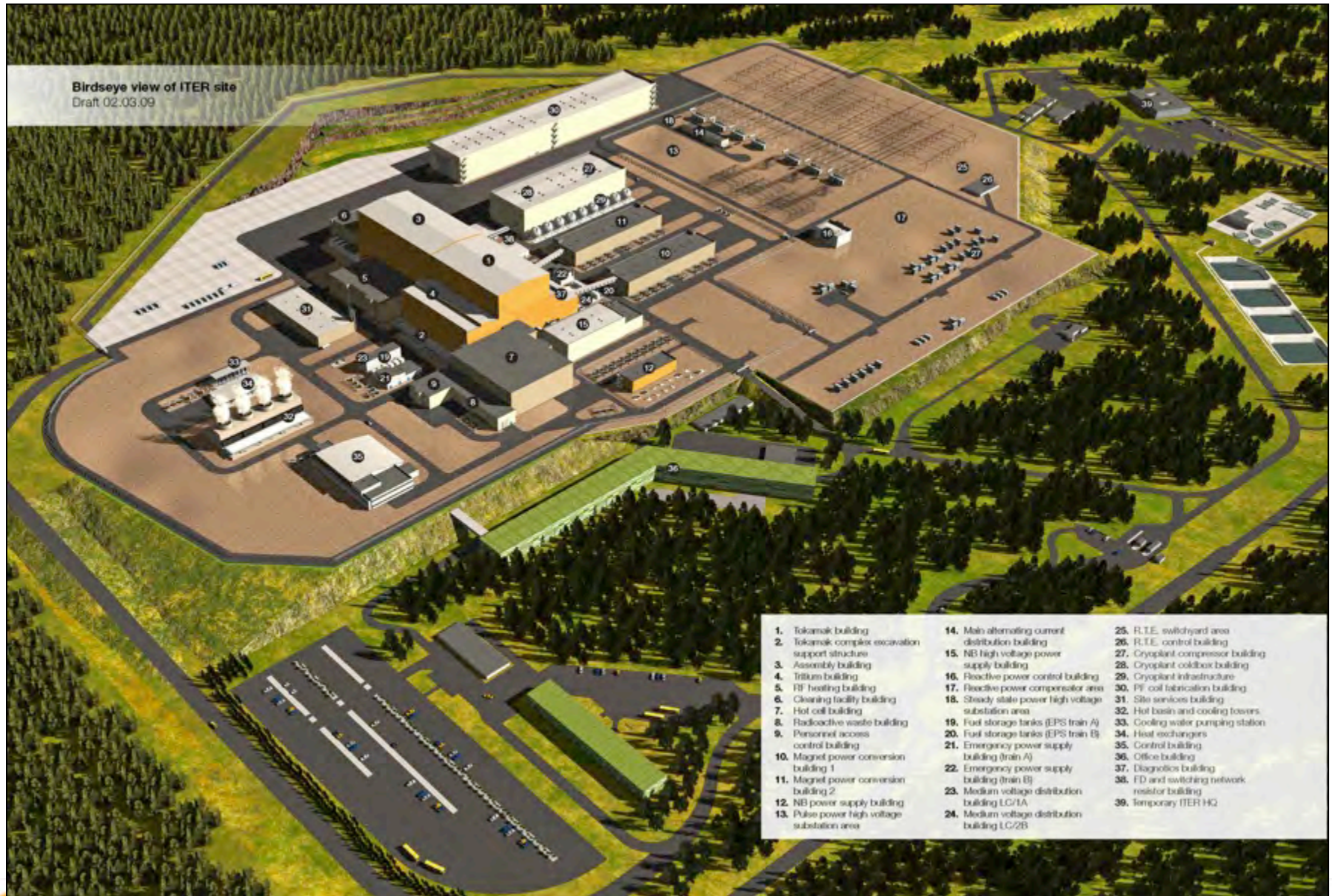


Cassette Toroidal Mover

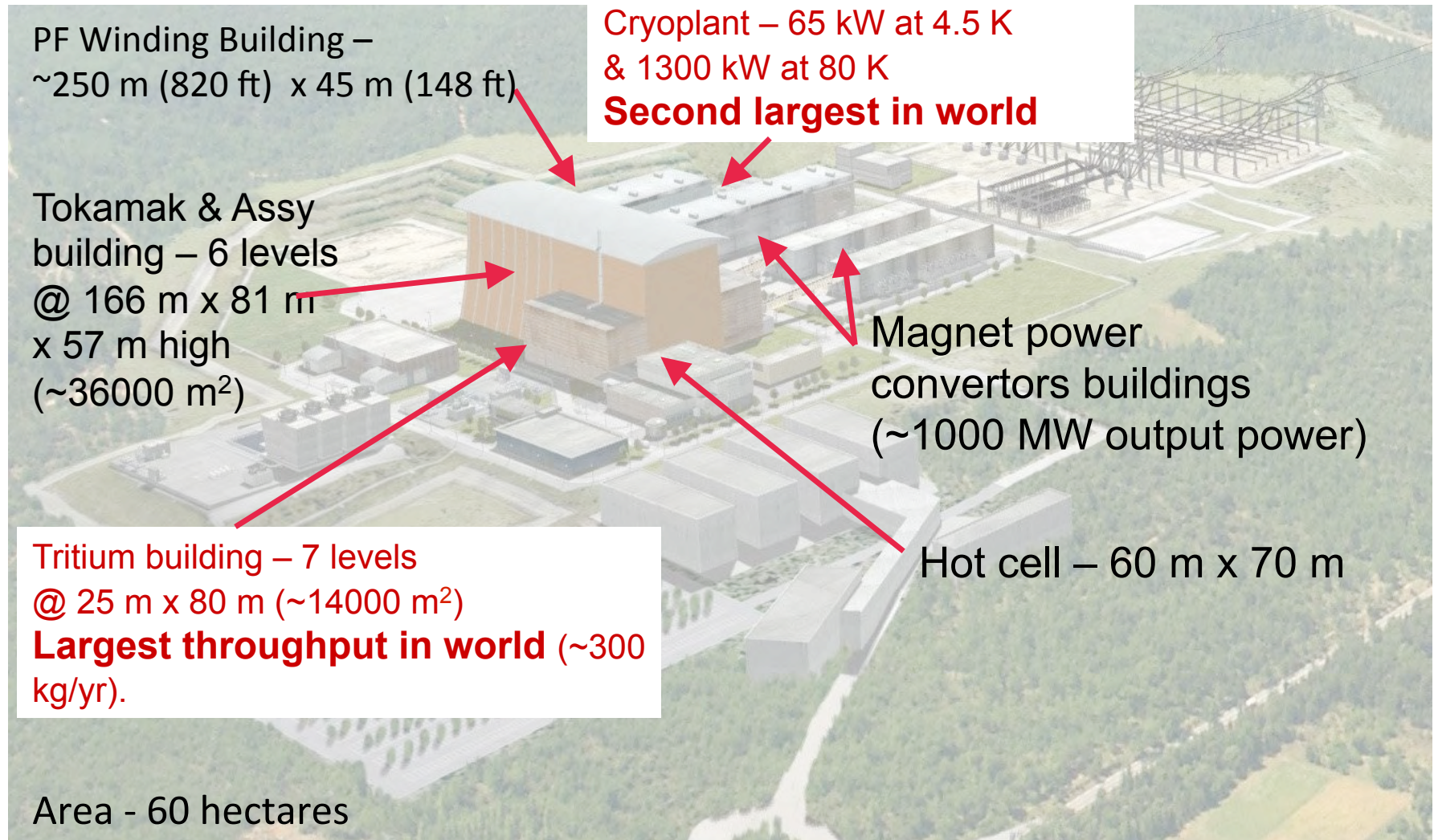


In-Vessel Viewing System

ITER Project Site Layout: 3-D graphics view

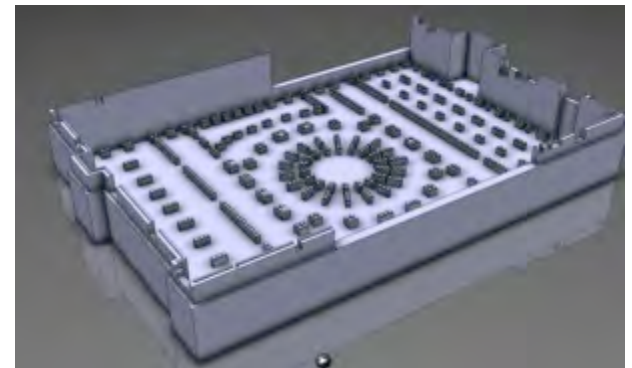
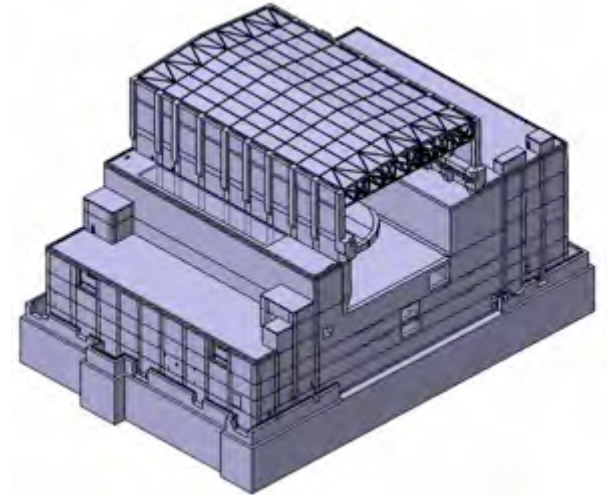


Edificios ITER

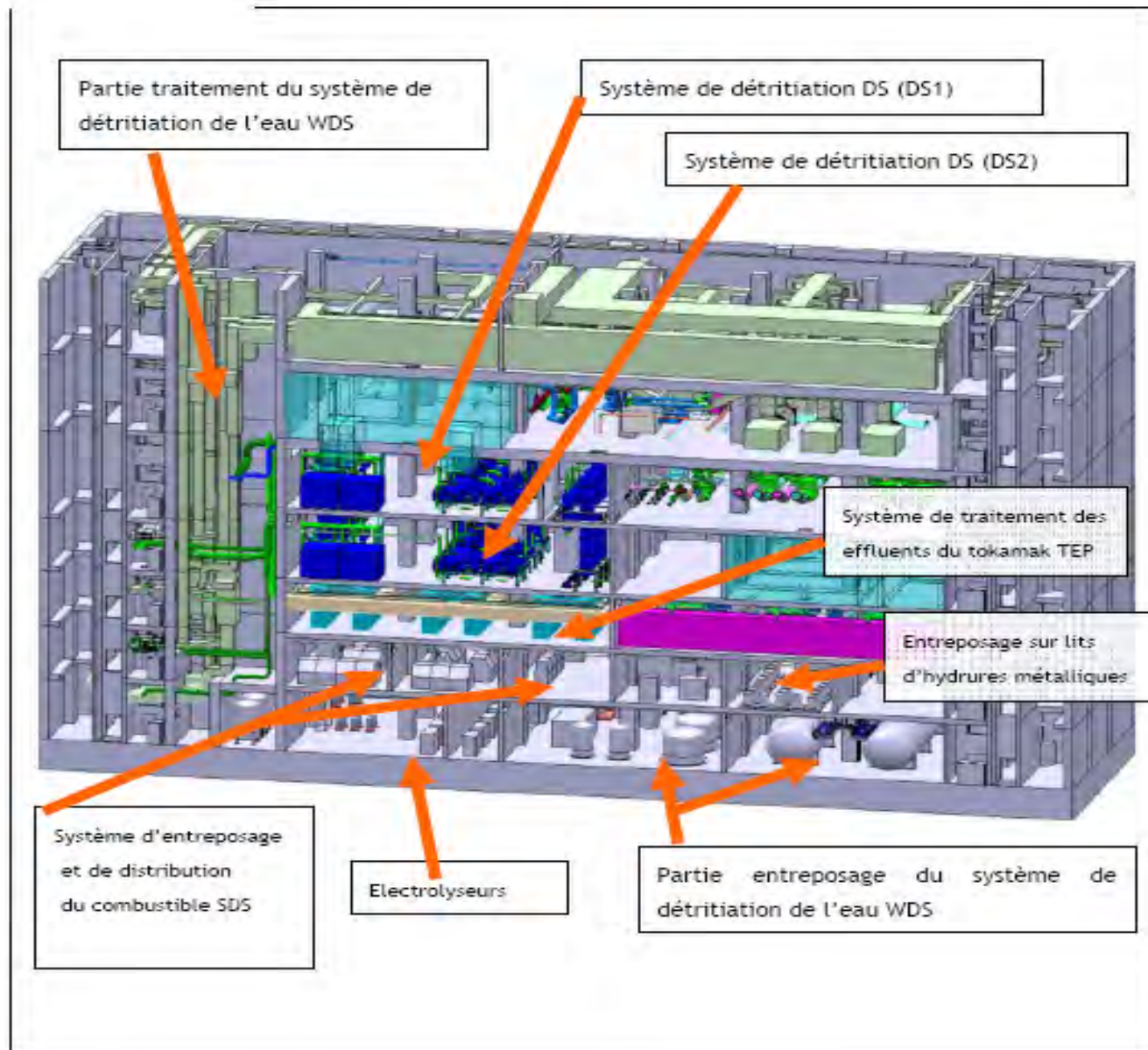


Complejo Tokamak

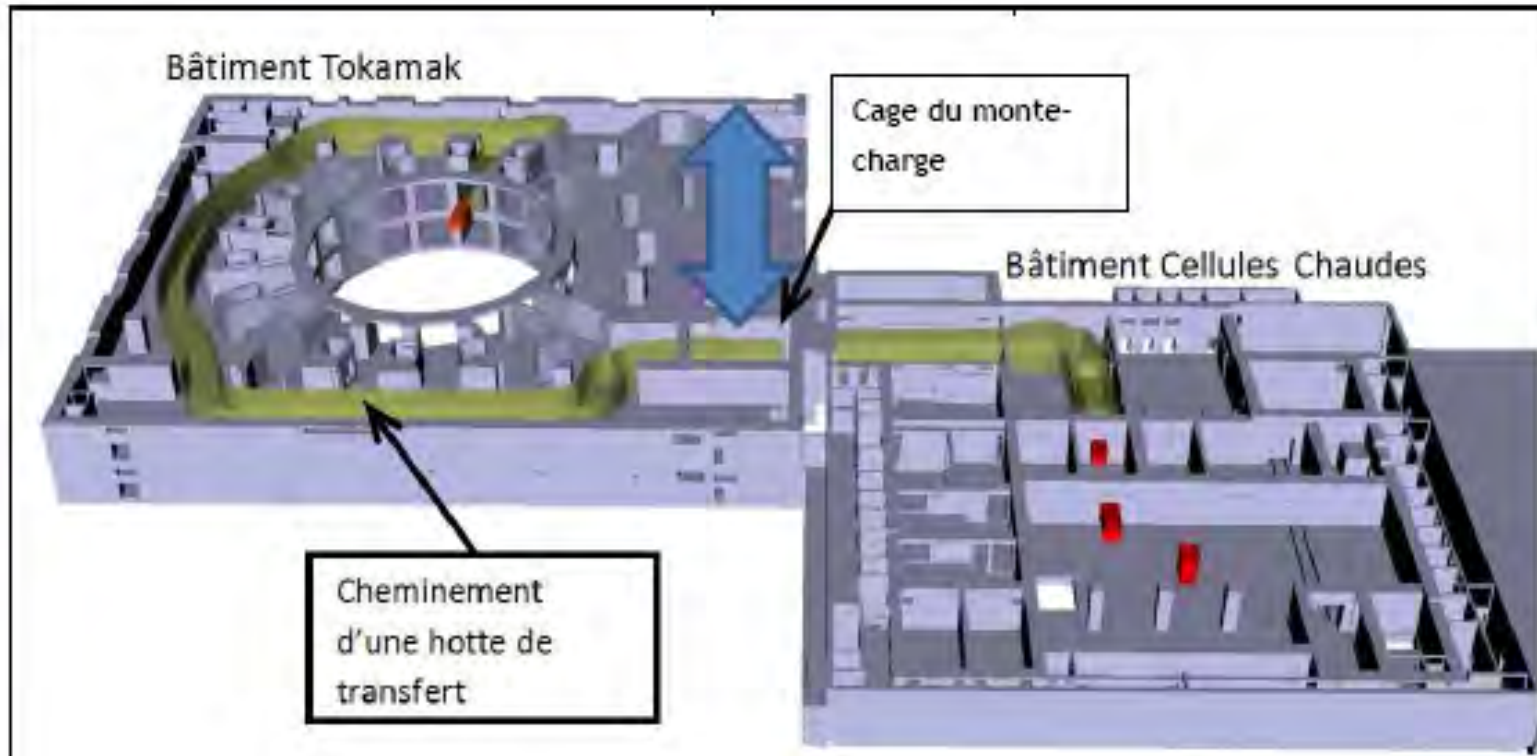
- Características Principales
 - El Complejo Tokamak comprende los edificios Tokamak, Tritium et Diagnostic.
 - Estos edificios forman una estructura monolítica.
 - Todos los edificios tienen una estructura en cemento armado.
 - Todo el Complejo reposa sobre patines parasismicos



Edificio Tritio



Edificio de Celdas Calientes



Vista aérea



Progreso en la Construction del Emplazamiento





Progreso

Edificio de bobinas PF está terminado.

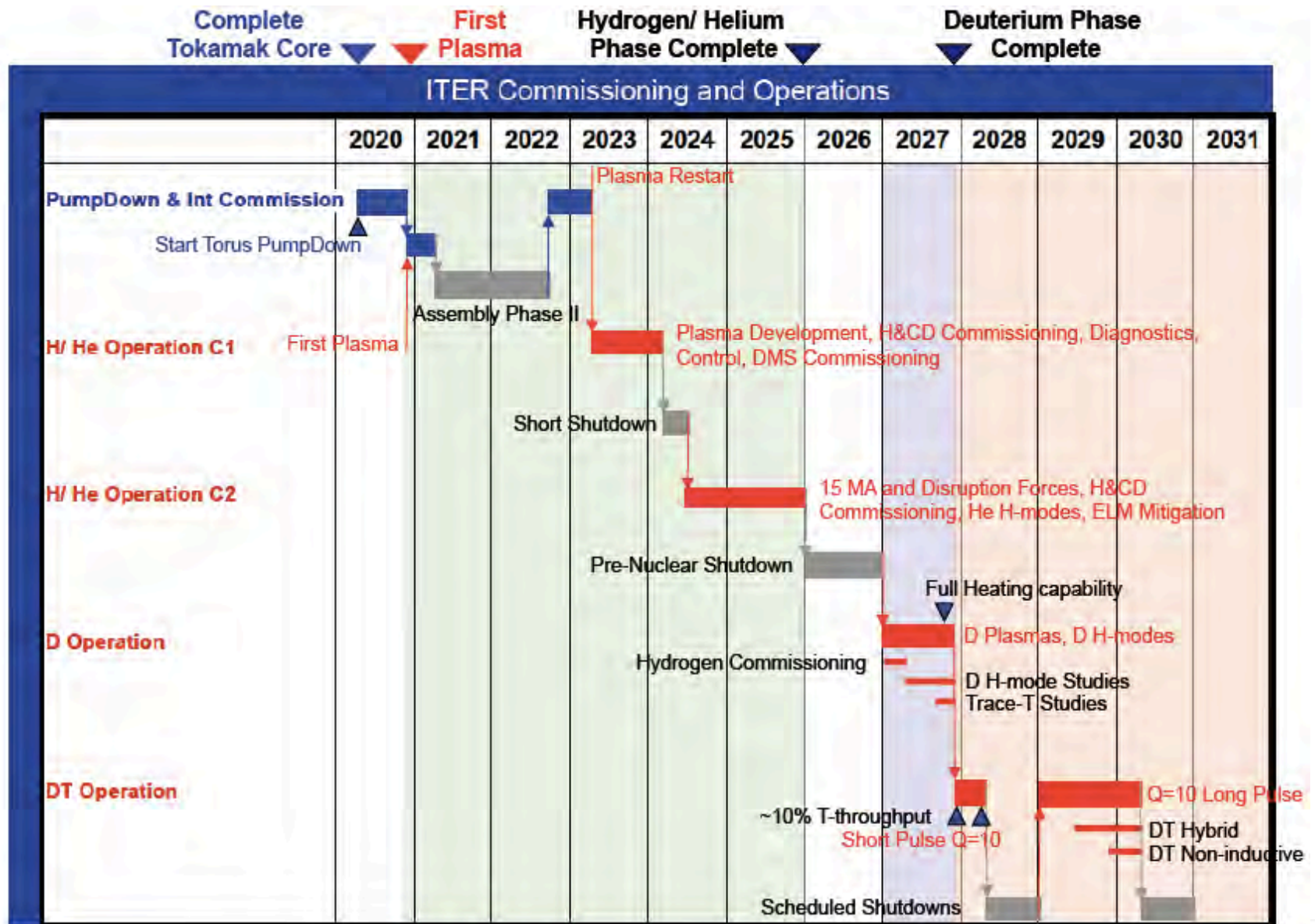


Progreso en el Emplazamiento



The last « plot » of the lower basemat was poured on 22 Dec 2011.

Calendario para Primer Plasma 2020



Tecnologías clave en ITER y próximas licitaciones

Algunas tecnologías clave

- Bobinas Superconductoras (Nb_3Sn and NbTi)
- Soldadura estructuras acero (TIG, NG-TIG, MIG, EB, Laser,...)
- Tecnologías Alto-Vacío
- Tecnologías alto flujo de calor
- Recubrimientos (coatings) aislantes
- Fuentes de Alimentación para Neutral Beam and Componentes de Alto Voltaje (del orden de 1 MV)
- Líneas de Transmisión Alta Potencia, Alta Frecuencia y Fuentes (en los rangos 5-8 GHz y 120-180 GHz)
- Fuentes de Alimentación Eléctricas
- Herramientas de manipulación remota
- Criobombas de vacío
- Bombas mecánicas y Sistemas de refrigeración de agua
- Manejo de Tritio y Destritiación Atmosférica
- Válvulas Compatibles con Tritio
- Materiales para regeneración de tritio incluyendo cerámicas regeneradoras (breeder), guijarros (pebbles) de berilio y barreras a la permeación.
- Edificios e Infraestructura

Próximas licitaciones (1)

- Development Equipments and Design activities for CODACS
- HCD – IC & EC: R&D and Design activities
- Many types of activities for Diagnostics Systems
- IT activities: Maintenance, SAP Assistance, general support and consultancy
- Tokamak: Materials & Welding qualification testings
- Tokamak: Heat Flux testing
- Component mechanical testing
- Welding performance under irradiation
- Mechanical test – Magnet support
- In Vessel Coils interface trial
- Thermo-Mechanical tests on Blanket
- Quench Detection Instrumentation Studies
- Blanket & Divertor R. H. activities
- Hot Cell remote Handling Technology

Próximas licitaciones (2)

- Remote Handling R&D
- Remote Handling Procedures Validation
- Framework Contract on Access Control, Security Design and Procurement Support
- Framework Contract on Human factors
- Software System for Support of Assembly & Installation work Package Engineering & Planning
- Cryogenic Plant (Liquid Helium, 65 kW)
- Final Design of Detritiation System
- Cable Engineering
- Tritium Plant (elements of)
- Support to the owner for Electrical Engineer
- Leak localization: Water or Helium leaks in Cryostat or in Torus
- HTWP Design
- Proof of Design for DS Scrubber columns to replace molecular sieves

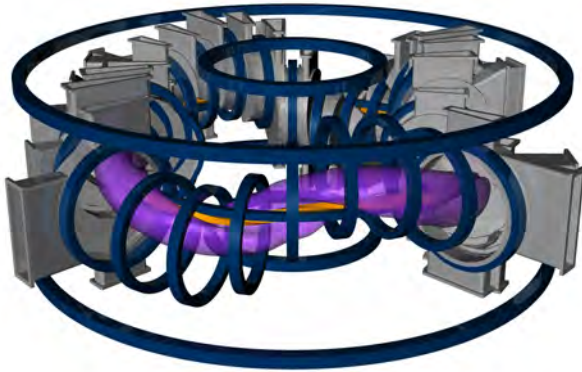
Próximas licitaciones (3)

- Development Equipments and Design activities for CODACS
- HCD – IC & EC: R&D and Design activities
- Welding for Tokamak parts
- Component mechanical testing
- Thermo-Mechanical tests on Blanket
- Quench Detection Instrumentation Studies
- Blanket & Divertor R. H. activities
- Hot Cell remote Handling Technology
- CAD activities
- Cooling water System: installation
- Lifting and Handling
- Remote Handling R&D
- Remote Handling Procedures Validation
- Final Design of Detritiation System
- Cable Engineering
- Tritium Plant (elements of)

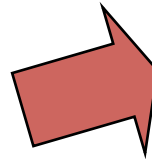
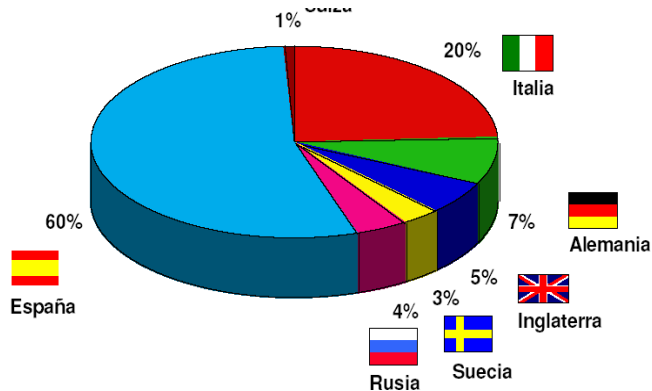
El programa Español CIEMAT: TJ-II



Motor industrial

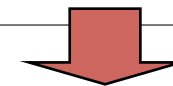
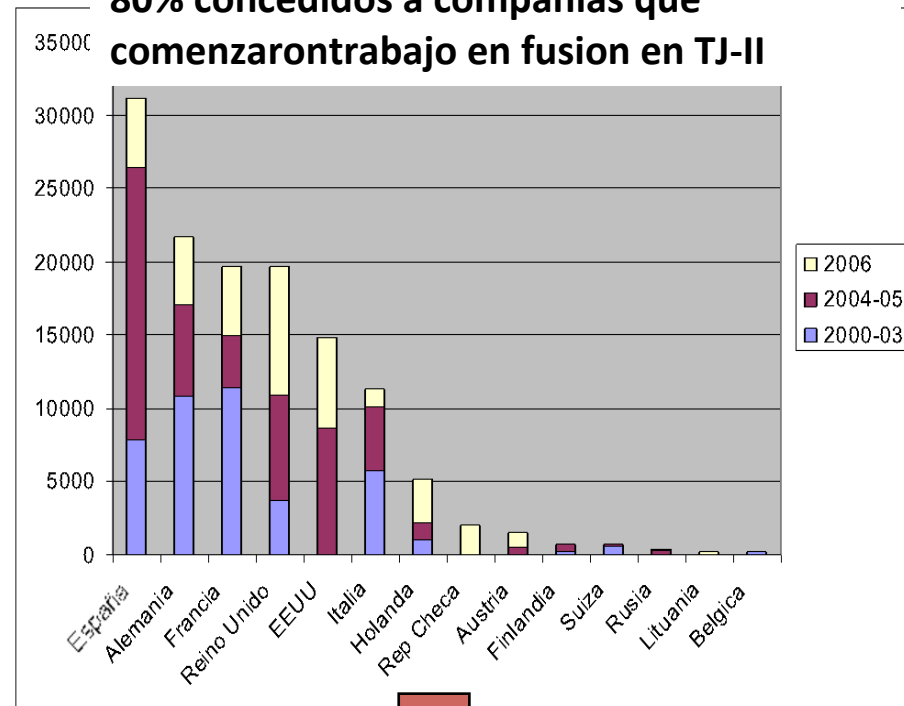


Contratos en la construcción de TJ-II
por país



Contratos Industriales (x1000 €)
conseguidos en EU competición (Art 7): JET
& ITER.

80% concedidos a compañías que
comenzaron trabajo en fusion en TJ-II



EU contributes 45% of construction costs and 20% of
operation & exploitation costs

**F4E contratos: presencia significativa
de Empresas Españolas**

C. Alejandre, APD – Fundación Ramón Areces Madrid, 7 Febrero 2012

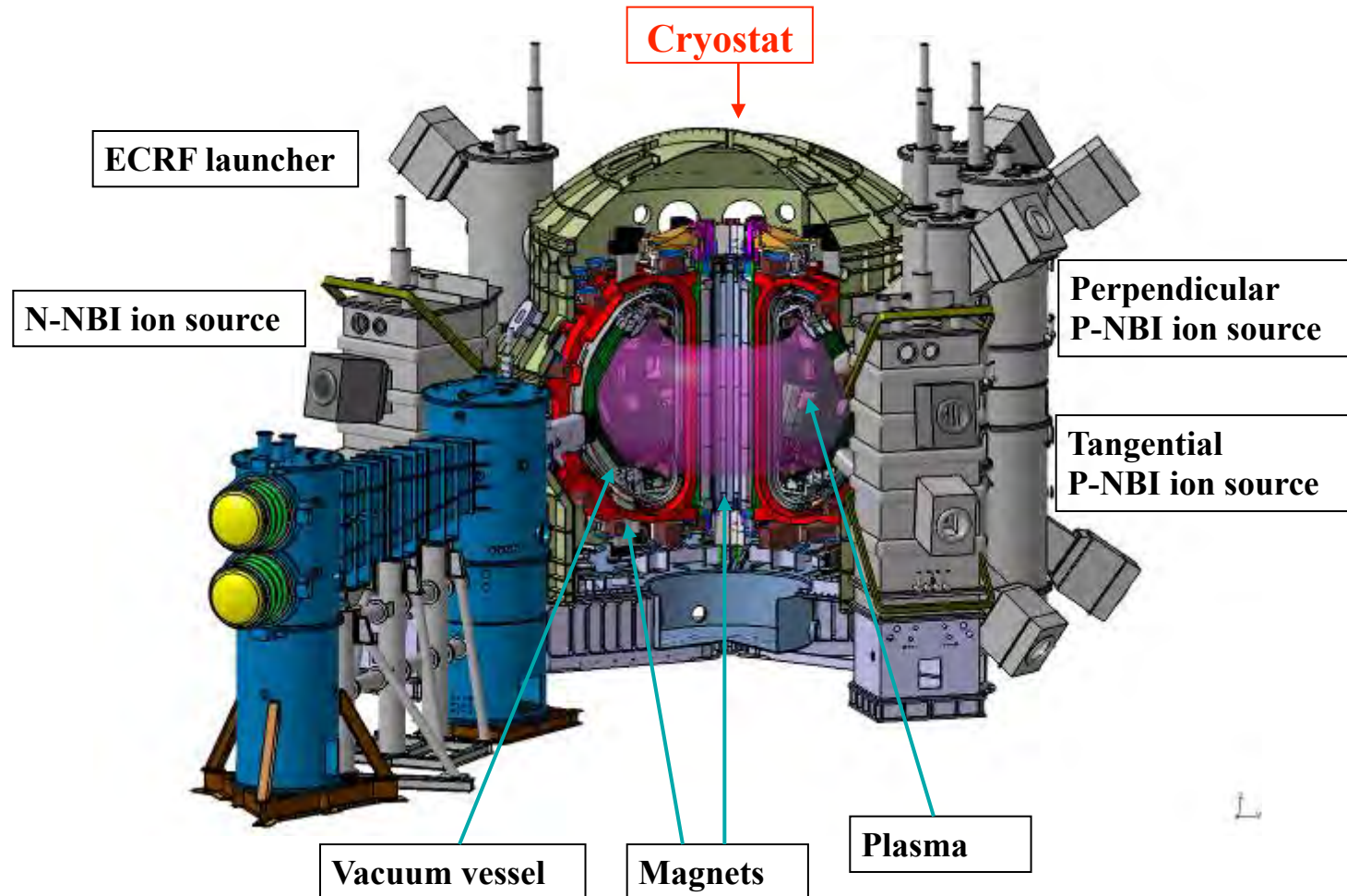
El Programa de Fusión Español en Tecnología liderado por CIEMAT

- Broader Approach IFMIF, JT60
- ITER
- Materiales
- Tecnologías blanket
- Proyecto Technofusion
- Barcelona B-Fus project

+ gran esfuerzo en la modelización teórica con el uso de superordenadores y tecnología GRID

Spain (CIEMAT) in the Broader Approach to Fusion : JT60

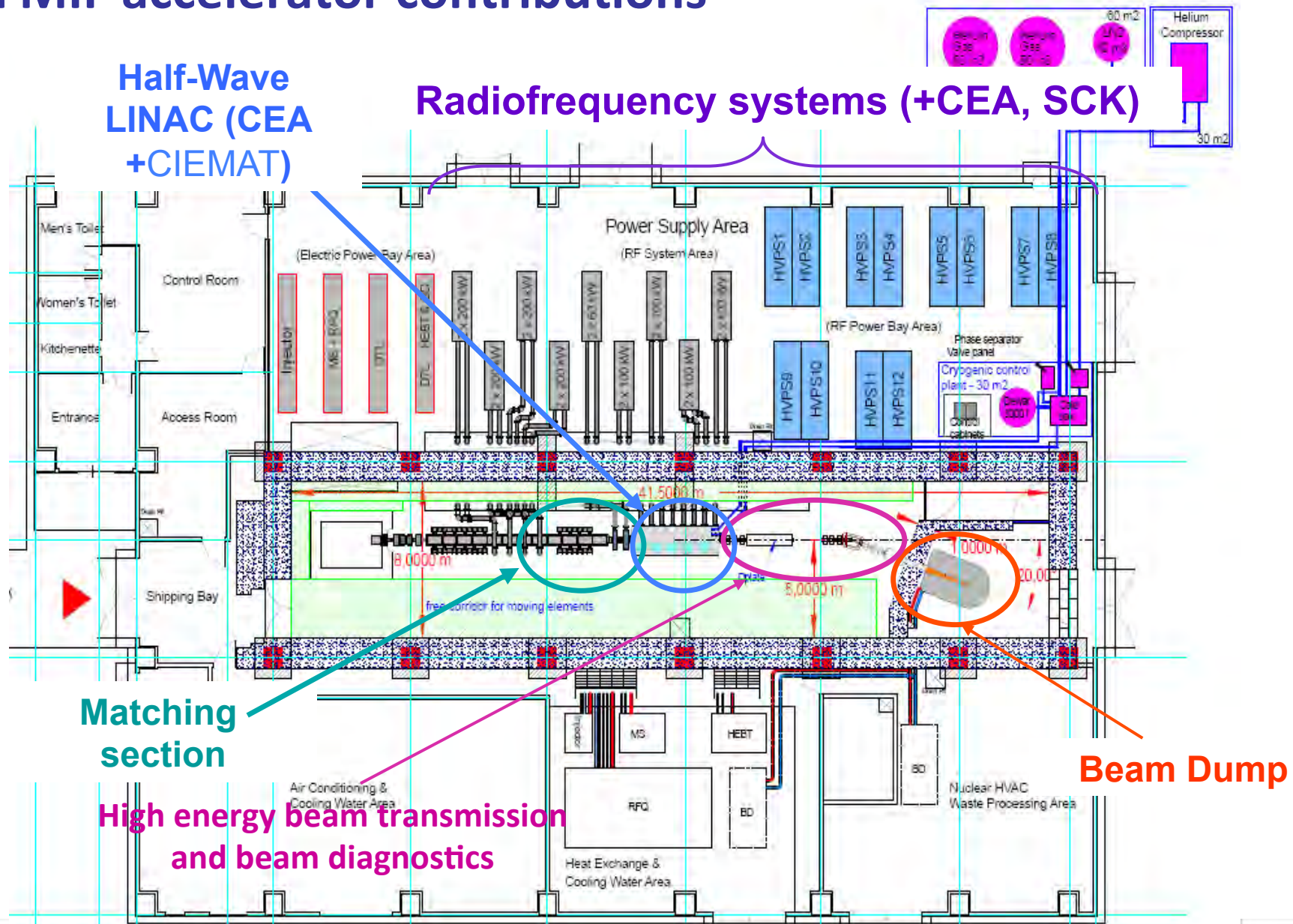
Construction of the Cryostat



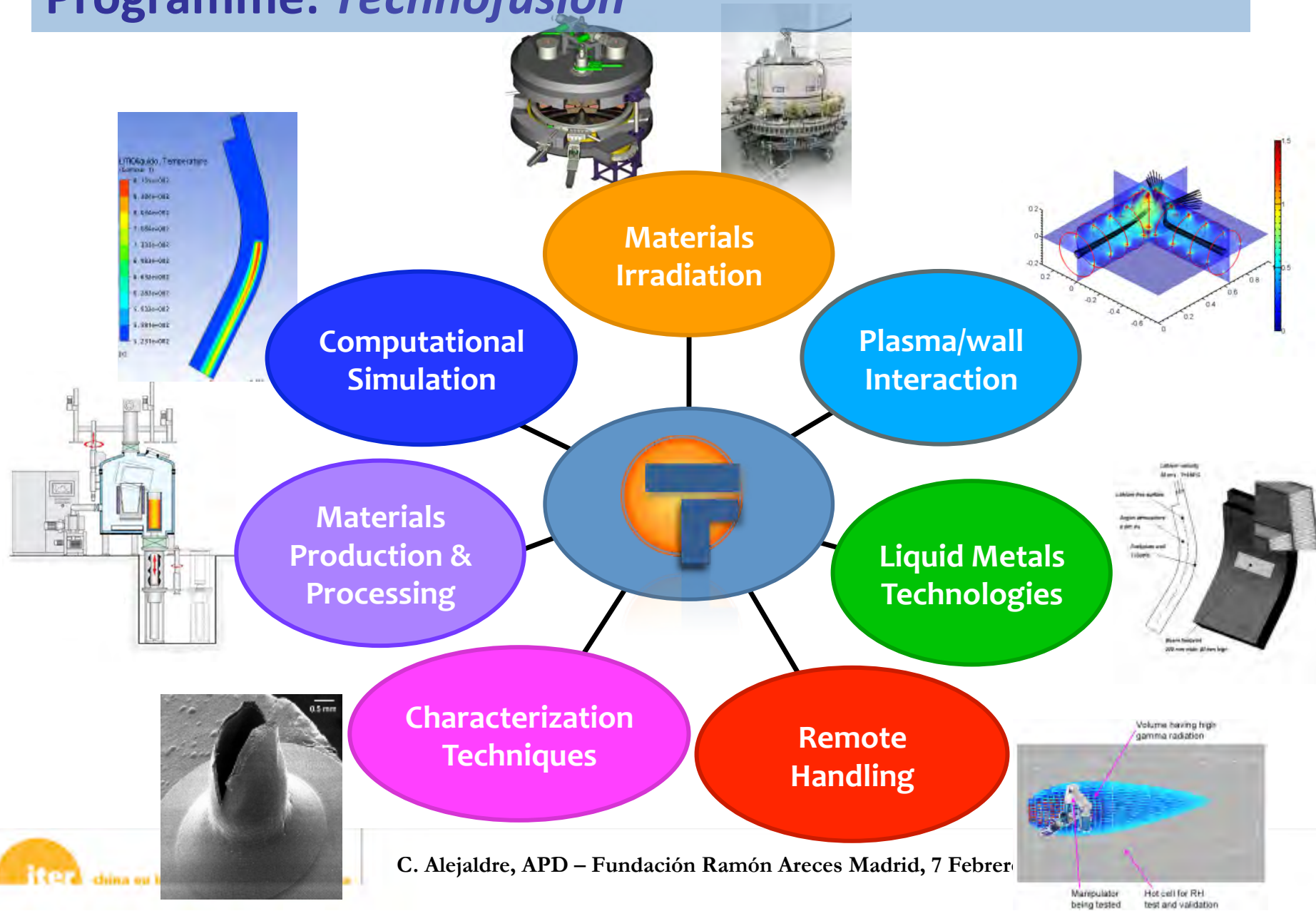
IFMIF accelerator contributions

Half-Wave
LINAC (CEA
+CIEMAT)

Radiofrequency systems (+CEA, SCK)



A fusion technology facility open to the European Programme: *Technofusion*



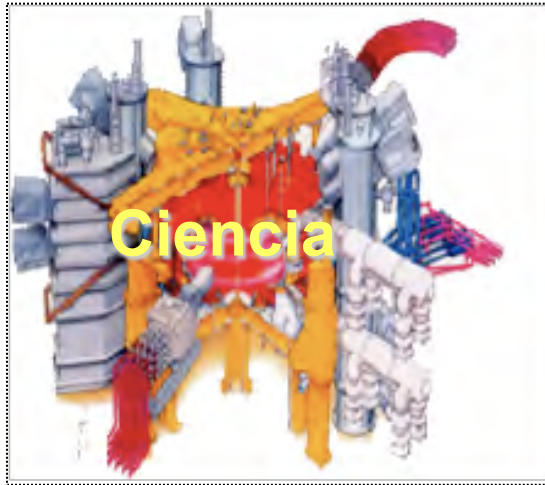
El futuro de la Fusión

Deuterio + Tritio = Helio (3.5 MeV) + neutron (14MeV)

Energía: 1 gramo de DT = 8 toneladas de petróleo

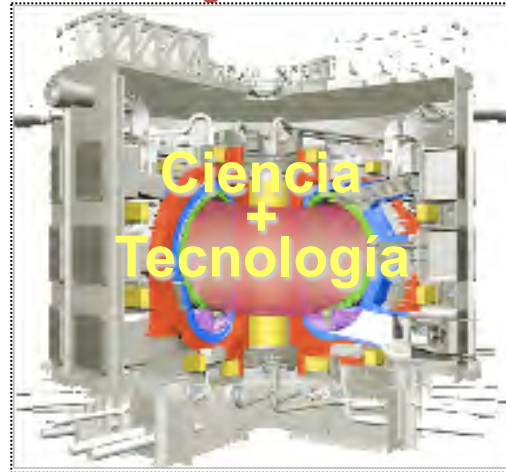
JET(UE) -JT60(Japon)

Física de plasmas



ITER

Plasma de larga duración, integración de tecnologías, experimentación de módulos tritigénicos



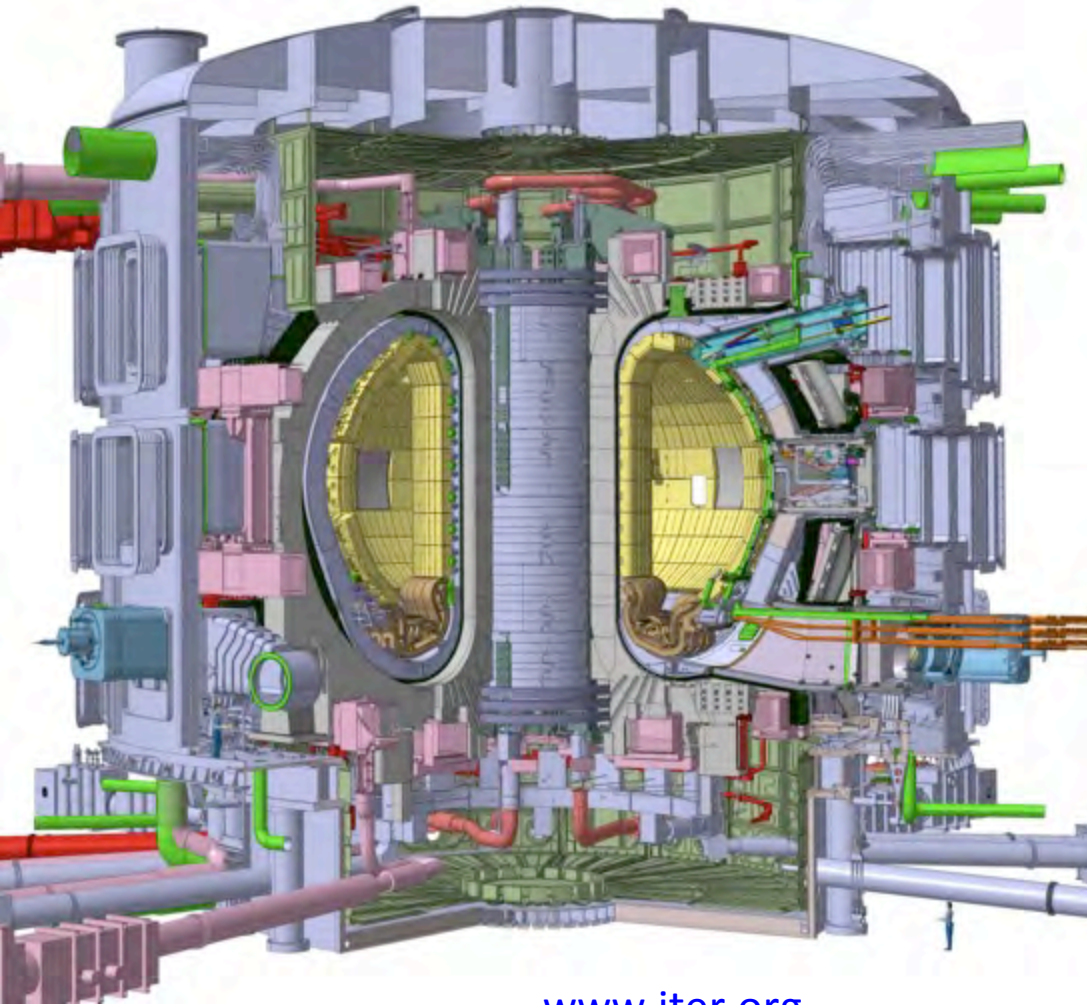
Producción de electricidad



Experiencia → + IFMIF
+ JET y otros tokamaks
+ Simulación

→ DEMO

ITER: Un verdadero desafío físico y tecnologico



ITER es un paso muy importante en una nueva era en la que una novedosa fuente de energía segura, inagotable y medioambientalmente aceptable estará disponible para toda la humanidad.

ITER a través de la agencia Europea de Fusión basada en Barcelona, el programa de fusión Español basado en CIEMAT y la propia organización internacional ITER en Cadarache ofrece múltiples oportunidades para la Industria Española.

www.iter.org

<http://www.fusionforenergy.europa.eu/>

www.ciemat.es



china eu india japan korea russia usa

Muchas gracias por su atención