

# Diez años del accidente de la central nuclear Fukushima Daiichii 2011 - 2021

## Lecciones aprendidas

**Presentación al Comité Asesor del CSN  
14 de octubre de 2021**

## Contenido

### I. Visión internacional del accidente

- El accidente
- Respuesta internacional. OIEA

### II. Lecciones aprendidas

- Aspectos técnicos del accidente
- Pruebas de resistencia europeas
- Acciones de mejora implantadas en España

### III. Implicaciones para la cultura de seguridad

- Definición y perspectiva histórica
- Acciones posteriores y conclusiones

# I. VISIÓN INTERNACIONAL

## 1. El accidente

## 2. Respuesta internacional. OIEA

- Asistencia inicial a Japón
- Refuerzo global seguridad nuclear
- Plan de Acción sobre Seguridad Nuclear
- OIEA. Informe (2015) sobre el accidente
- Convención de Seguridad Nuclear

## 3. Cooperación OIEA - Japón

## 4. Problema del agua

## 5. OIEA. Conferencia una década desde Fukushima

*Juan Carlos Lentijo, Asesor de Presidencia*

# 1 El accidente ¿Qué pasó?



# 1 El accidente ¿Qué pasó?

## Costa Este de Japón, 11 de marzo 2011

- Terremoto (magnitud 9) que genera varias olas de tsunami (14m) que golpean una amplia zona de la costa Este de Japón (Tōhoku)
- Gran pérdida de vidas humanas y devastación de infraestructuras



# 1 El accidente ¿Qué pasó?

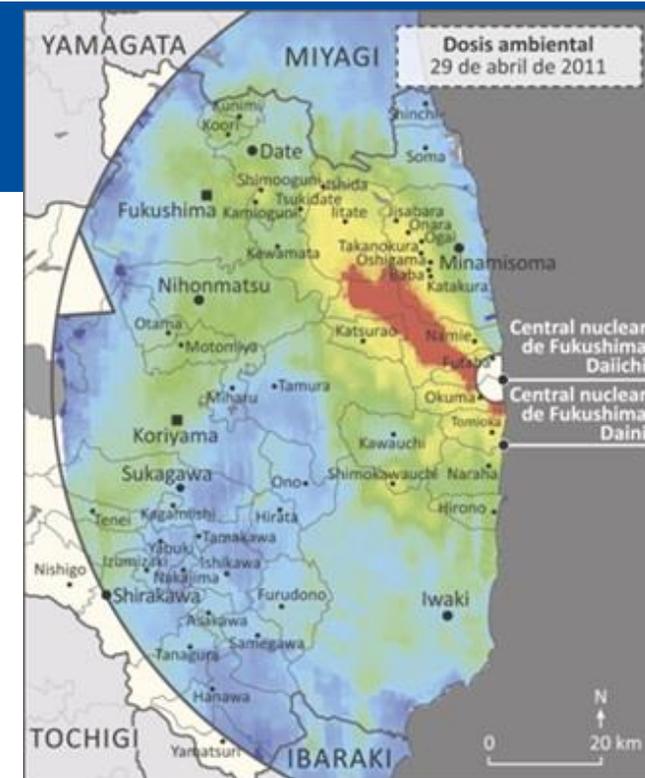
## Central nuclear Fukushima Daiichi (6 Reactores – 1, 2, 3 en operación)

- Terremoto daña líneas suministro eléctrico exterior. Reactores en operación (1, 2, 3) paran y se inicia secuencia refrigeración. Suministro eléctrico interior de emergencia
- Tsunami causa la destrucción de parte sustancial de la infraestructura de seguridad en el emplazamiento
- El efecto combinado → pérdida del suministro eléctrico exterior e interior (SBO) → pérdida de refrigeración de tres reactores (1, 2, 3) y de las piscinas de combustible gastado
- Fusión de los núcleos de tres reactores → explosiones de hidrógeno y liberaciones de materiales radiactivos



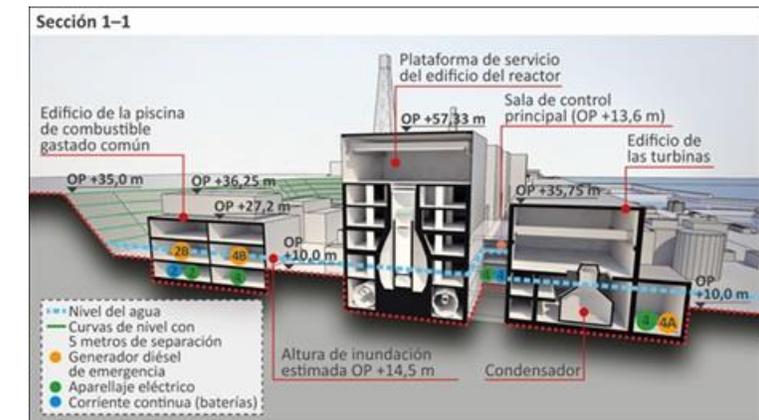
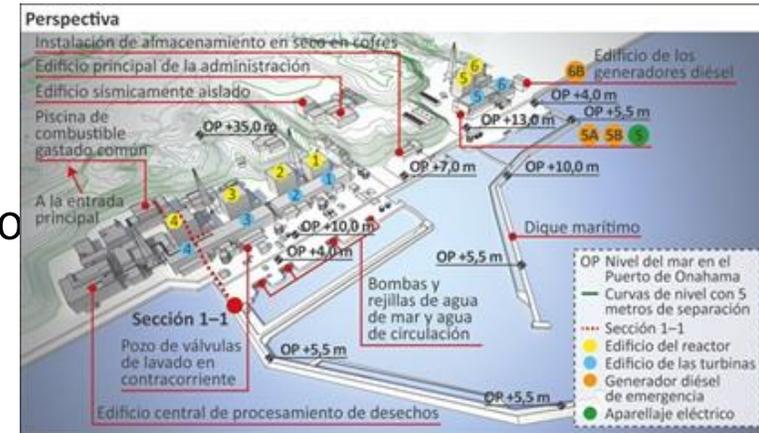
# 1 El accidente Consecuencias radiológicas

- Liberación de materiales radiactivos al exterior de la CN (gases y líquidos)
  - Gases nobles
  - Iodos (importantes para el corto plazo)
  - Cesios (medio y largo plazos). Otros productos de fisión
- Evacuación de la población alrededor de la central nuclear
- Personas recibieron **dosis radiación bajas**. Dosis mayores en algunos trabajadores de la CN
- **UNSCEAR. 1) Población:** No se prevé aumento discernible incidencia efectos salud relacionados con radiación. **2) Trabajadores:** No se prevé aumento perceptible incidencia cáncer en futuro ... en comparación con fluctuaciones estadísticas normales



# 1 El accidente ¿Por qué ocurrió?

- Combinación de debilidades de diseño y deficiencias operacionales
- Aspectos de emplazamiento críticos. “Emplazamiento seco” no asegurado
- Factores de organización, humanos y de procedimiento también contribuyeron (causas raíz)
  - ✓ Liderazgo y gestión de seguridad pobres
  - ✓ Cultura de seguridad no implantada
  - ✓ Organismo regulador. Falta de independencia y recursos limitados



## 2 Respuesta internacional. OIEA – Asistencia inicial a Japón

- OIEA activa su centro de emergencias (IEC)
  - Ofrece asistencia Japón y a la comunidad internacional
  - Despliega equipos de apoyo a las mediciones radiológicas ambientales (4 entre marzo y abril)
  - Misión para obtención de evidencias (fact-finding). Mayo-2011
- Misiones posteriores de asistencia y recopilación de información para comunidad internacional:
  - Emplazamiento de CN-FD: desmantelamiento (5 misiones)
  - Áreas exteriores afectadas (2 misiones)



## 2 Respuesta internacional. OIEA – Refuerzo global seguridad nuclear

- Conferencia Ministerial sobre el accidente y su impacto en la seguridad (Jun. 2011)
  - Declaración ministerial. Compromiso Estados Miembros para el refuerzo inicial seguridad
  - Pruebas de Resistencia (stress-tests)
- Conferencia General (Sep. 2011). Plan de Acción de Seguridad Nuclear (NSAP) – OIEA
- Reuniones de Convención de Seguridad Nuclear: Extraordinaria (2012) y Ordinaria (2014) → Propuesta de refuerzo CNS: Conferencia Diplomática 2015



## 2 Respuesta internacional. OIEA. Plan de Acción de Seguridad Nuclear del OIEA 1/3

El Plan de Acción de Seguridad Nuclear del OIEA estableció un programa de trabajo para reforzar la seguridad nuclear global en respuesta al accidente

- El Plan incluyó actuaciones en 12 areas:

- |   |   |
|---|---|
| 1. Evaluaciones de seguridad de CCNN            | 7. Marco legal internacional de seguridad nuclear |
| 2. Revisiones de pares OIEA                     | 8. Nuevos países usuarios de CCNN                 |
| 3. Preparación y respuesta a emergencias        | 9. Creación de competencias en seguridad          |
| 4. Organismos reguladores nacionales            | 10. Protección personas y medio ambiente          |
| 5. Organizaciones de operadores de CCNN         | 11. Comunicación e información públicas           |
| 6. Normas internacionales de seguridad del OIEA | 12. Promoción de I+D                              |



- Intenso trabajo para reforzar la seguridad nuclear global. No solo OIEA → Muchos actores de todas las partes del mundo demostraron su compromiso para mejorar la seguridad nuclear

# 2

## Respuesta internacional. OIEA. Plan de Acción de Seguridad Nuclear del OIEA 2/3



**Safety Assessments**



**IAEA Peer Reviews**



**Emergency Preparedness and Response**



**National Regulatory Bodies**



**Operating Organizations**



**IAEA Safety Standards**



**International Legal Framework**



**Member States Embarking on Nuclear Power**



**Capacity Building**



**Protection from Ionizing Radiation**



**Communication**

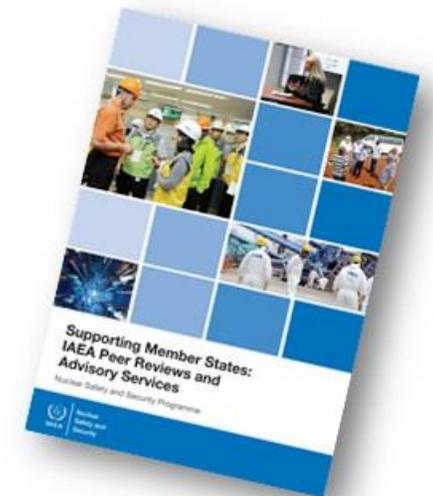


**Research & Development**

## 2 Respuesta internacional. OIEA. Plan de Acción de Seguridad Nuclear del OIEA 3/3

En concreto, como parte del Plan de Acción:

- Estados Miembros tomaron medidas para mejorar la seguridad nuclear, incluyendo la respuesta rápida a los resultados de los análisis de vulnerabilidad de las CCNN a sucesos externos extremos (stress-tests)
- El OIEA revisó y reforzó sus normas internacionales de seguridad, las misiones de revision y los servicios de asistencia a los Estados Miembros para la creación de capacidades de seguridad
- OIEA organizó 9 reuniones internacionales de expertos para analizar aspectos técnicos del accidente, y obtener y diseminar lecciones en cada área. Además, el OIEA desplegó 15 misiones internacionales a Japón y publicó sus resultados



## 2

# OIEA Informe (2015) sobre el accidente de la Central nuclear Fukushima Daiichi 1/2

Informe del director general del OIEA (**libro verde**) y cinco volúmenes técnicos

- Descripción del accidente, sus causas y consecuencias
  1. Descripción del accidente
  2. Evaluación de seguridad
  3. Preparación y respuesta a emergencias
  4. Consecuencias radiológicas
  5. Recuperación post-accidente
- >180 expertos de 42 países y diversas organizaciones internacionales
- Numerosas fuentes de información, en especial Japón
- Considera resultados del Plan de Acción de Seguridad Nuclear del OIEA
- Analiza factores humanos, organizacionales y técnicos
- Destaca las principales observaciones y lecciones (45)



## 2 OIEA. Informe (2015) sobre el accidente de la Central nuclear Fukushima Daiichi 2/2

### Mensajes principales

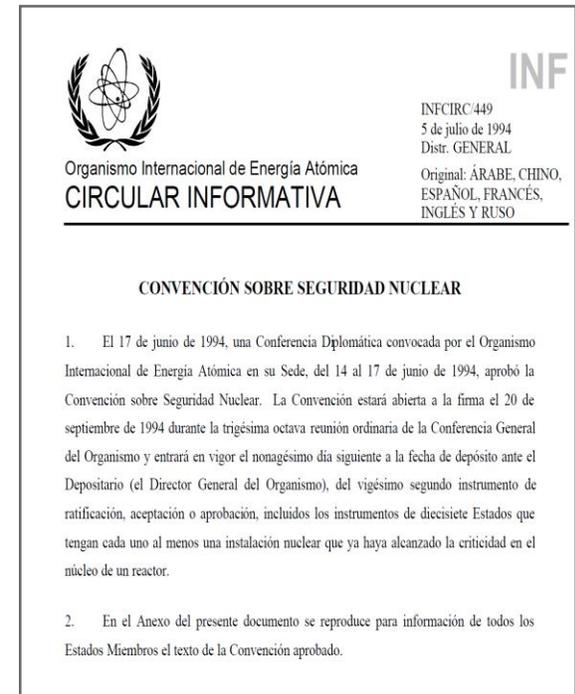
- Lecciones en seguridad nuclear tienen que considerarse para implementar mejoras
- La comunidad nuclear debe analizar las lecciones de forma reiterada y continua
- No importa cuántas lecciones se identifican de la experiencia previa, si después no se cambian las prácticas y las actitudes
- Algunas observaciones y lecciones del accidente de Fukushima Daiichi se habían identificado antes, pero no se habían implementado mejoras
- Relacionado con la implantación de cultura de seguridad robusta



## 2 La Convención sobre Seguridad Nuclear (CNS)

Conferencia diplomática en 2015 para revisar la Convención a propuesta de una Parte Contratante.

- **Objetivo: revisar el Art. 18 sobre prevención de accidentes y atenuación de sus consecuencias**
- **CNS no se cambió (falta de consenso)**
- **Se adoptó la Declaración de Viena sobre Seguridad Nuclear: Principios para conseguir el objetivo de la CNS de prevención y mitigación de accidentes**
  - 1. Nuevos diseños de CCNN**
  - 2. Aplicación a CCNN existentes**
  - 3. Consideración de las Normas Internacionales de Seguridad del OIEA**



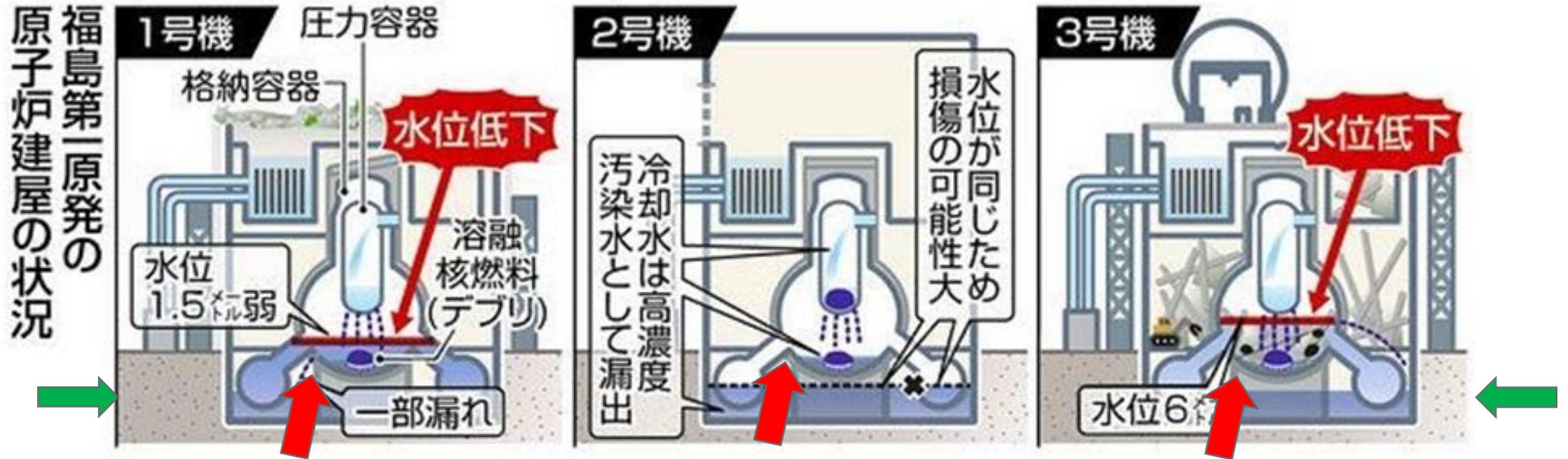
## 3 Cooperación OIEA - Japón

- Intensa cooperación desde 2011
- Desmantelamiento de CN Fukushima Daiichi
  - Misiones de expertos. Revisión Plan de Desmantelamiento
  - Agua tratada (ALPS). Análisis opciones e implementación decisión de Gob. Japón
  - Informes periódicos descargas: Agua subterránea y de subdrenajes
  - Vigilancia radiológica en medio marino (control independiente y comunicación)
- Restauración de áreas exteriores afectadas
  - Misiones de expertos. Planes de restauración y revitalización
  - Cooperación con la Prefectura de Fukushima
- RANET. Fukushima Capacity Building Centre
- Información sobre progreso desmantelamiento y restauración ambiental
  - Informes trimestrales sobre Fukushima Daiichi enviados por Japón
  - Evaluación y publicación por OIEA

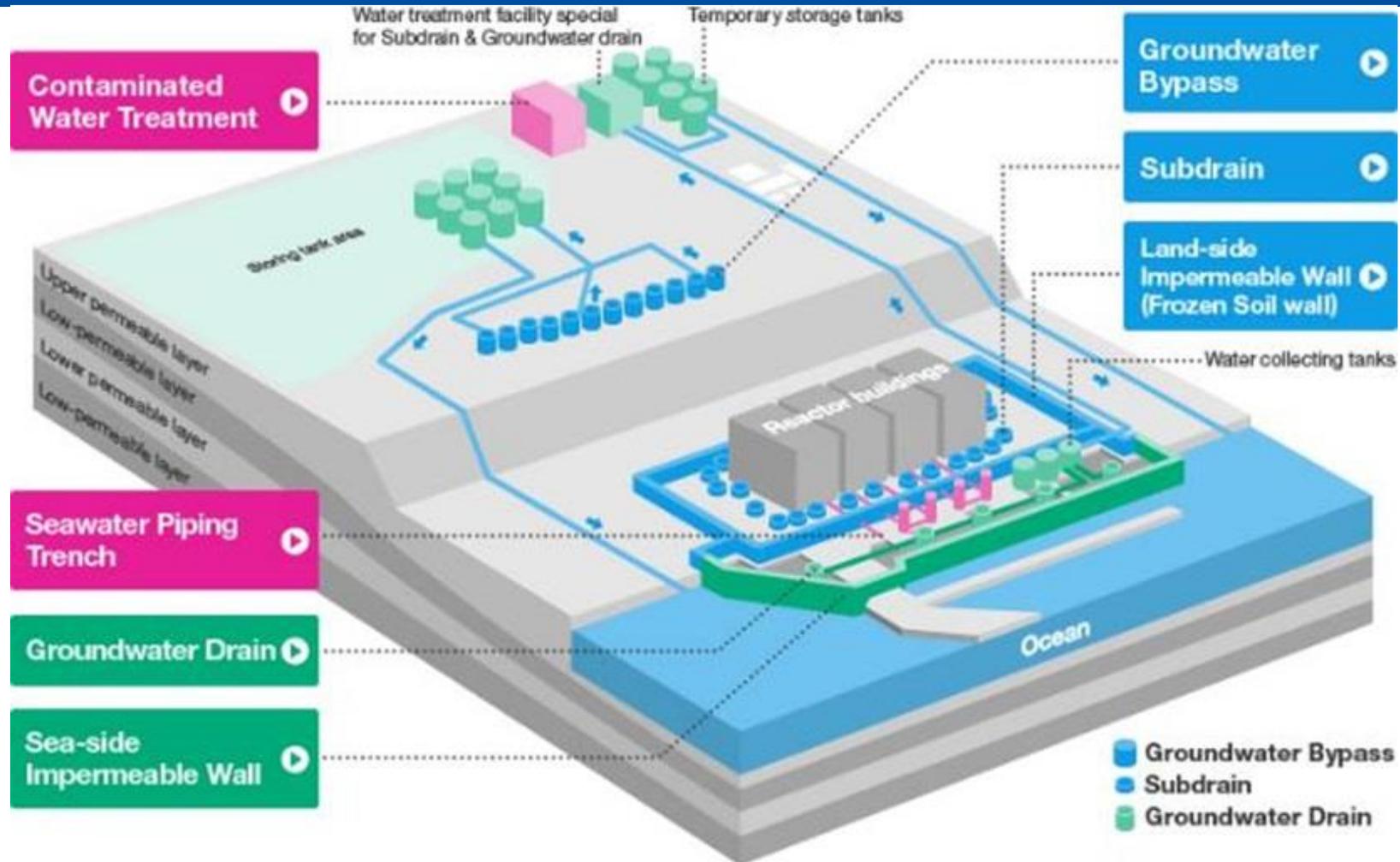
<https://www.iaea.org/es/newscenter/focus/fukushima/status-update>



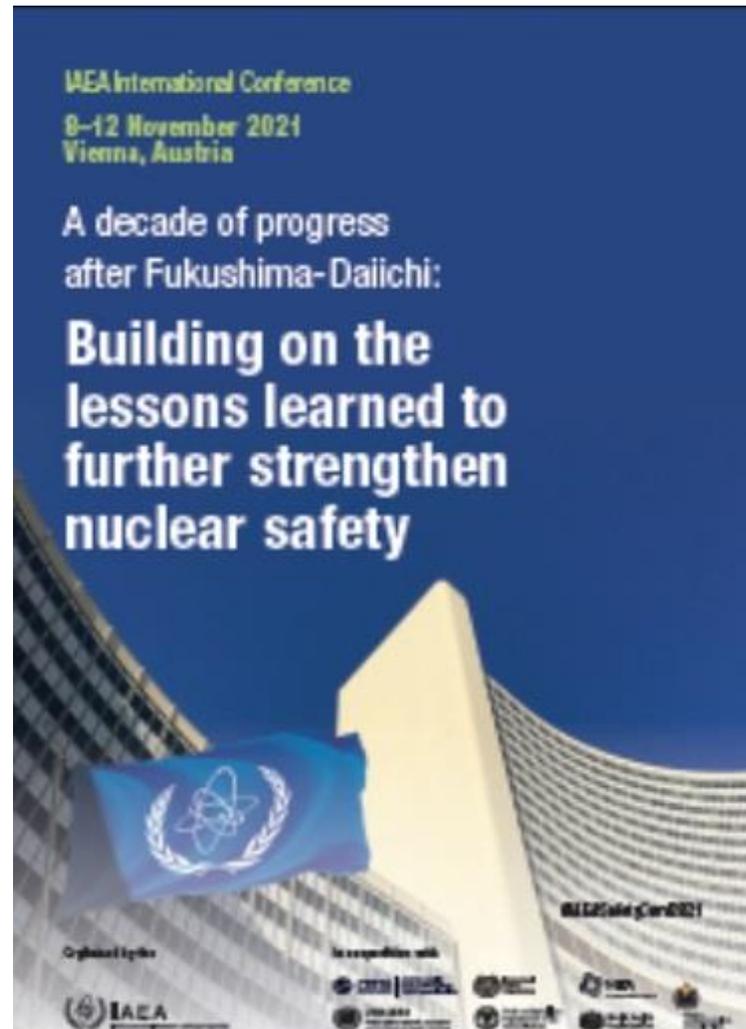
# 4 EL problema del agua en Fukushima Daiichi (1/2)



# 4 EL problema del agua en Fukushima Daiichi (2/2)



# 5 Conferencia OIEA: Una década de progreso desde Fukushima



¿Preguntas?

## II. LECCIONES APRENDIDAS

### 1. El accidente de Fukushima

- La Central de Fukushima Daiichi
- El accidente del 11 de marzo. Aspectos técnicos
- Las consecuencias

### 2. Las pruebas de resistencia europeas

- El parque nuclear europeo
- Génesis de las pruebas de resistencia europeas
- Contenido de las pruebas

### 3. Acciones de mejora implantadas en España

- Resumen global
- Alcance y resultados
- Otras acciones

*José Ramón Alonso, Subdirector de ingeniería*

# 1 El accidente de Fukushima. Resumen

- **Terremoto** mayor que el max. previsto en el diseño (sin daños en la central)
- **Tsunami** mucho mayor que lo previsto en el diseño (consecuencias muy graves)
- Se produce una situación extrema en emplazamiento/región/país (20.000 fallecidos)
- **Pérdida de comunicaciones y accesos:** estrés y familias; etc.
- **Impacto muy extenso en el medio ambiente** (daño muy bajo a los trabajadores)
- **Valoración global:**
  - ✓ Diseño inadecuado de las protecciones frente a sucesos externos extremos: no conservador y sin provisiones para situaciones más allá de lo previsto
  - ✓ Preparación insuficiente para estas situaciones (formación y entrenamiento del personal)
  - ✓ ¿Hubo soberbia tecnológica?

# 1 El accidente de Fukushima. El diseño

## El diseño de la central: seis unidades tipo BWR (General Electric)

Un.	Año	Diseño	Potencia Mw-e
1	71	BWR-3 Mark-I	460
2	74	BWR-4 Mark-I	784
3	76	BWR-4 Mark-I	784
4	78	BWR-4 Mark-I	784
5	78	BWR-4 Mark-I	784
6	79	BWR-5 Mark-II	1100



# 1 El accidente de Fukushima. El inicio

TERREMOTO DE TOHOKU (Magnitud 9)

TSUNAMIS (olas de más de 30 m)

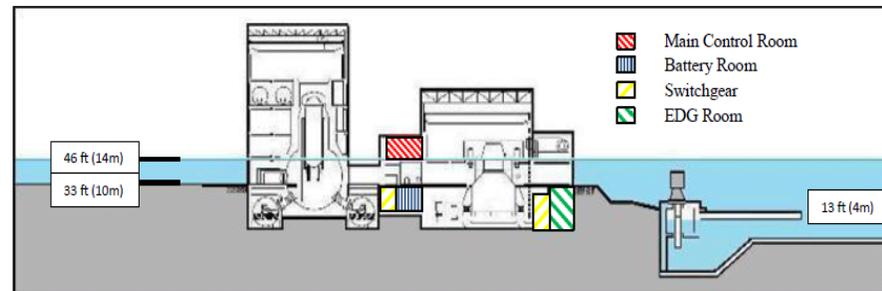
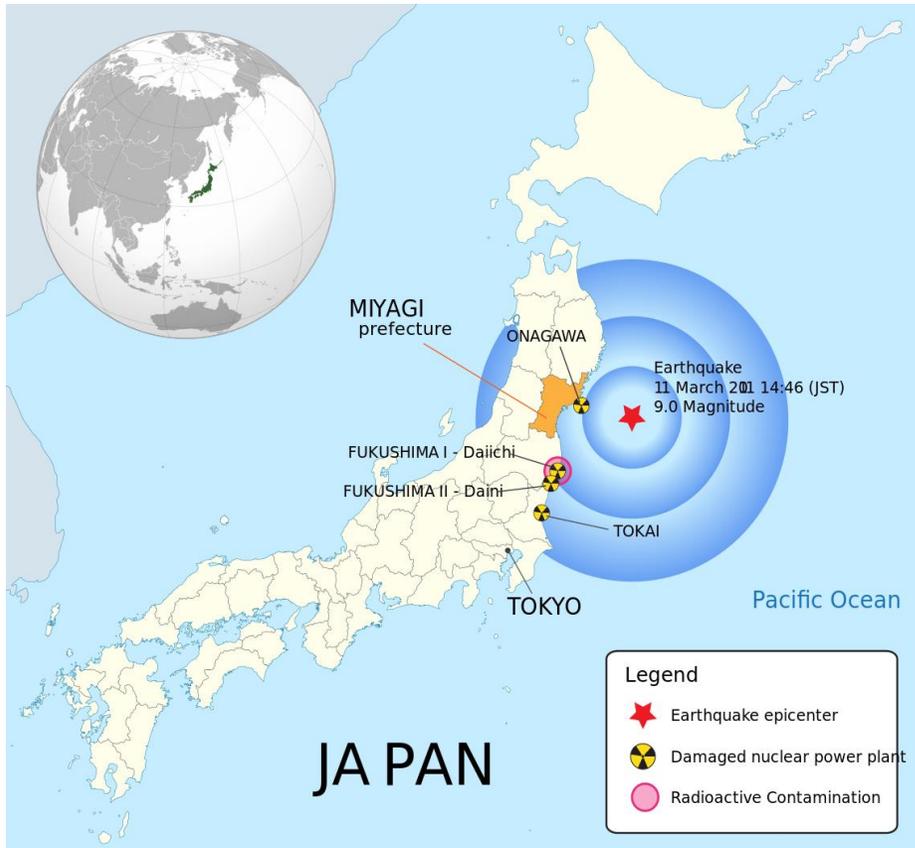


Figure 3.3-1 General Elevations and Inundation Level

# 1 El accidente de Fukushima. Explosiones

## Las explosiones de hidrógeno y sus consecuencias



# 1 El accidente de Fukushima. Cronología de los acontecimientos

## Situación inicial el día 11 de marzo de 2011

- **Tres unidades (1, 2 y 3) en operación normal al 100%**
  - Todos los sistemas de seguridad operables
  - Incluyendo los 3x2 generadores diesel de emergencia (GD)
  
- **Tres unidades (4, 5 y 6) en parada de recarga**
  - Todo el combustible en piscinas
  - 6 de los 7\* GD operables (1 en mantenimiento)

*\* La unidad 6 (BWR-5) disponía de 3 G/D (como la CN Cofrentes en Valencia)*

# 1 El accidente de Fukushima. Cronología de los acontecimientos

## Continuación del día 11 de marzo de 2011

**14:46 h - La central “sufrir” el terremoto de Tohoku de magnitud 9 (MMS)\* (*máximo terremoto registrado en Japón*)**

- Intensidad: PGA  $\approx$  0,560 g (Base de Diseño 0,500 g)
- Parada automática (SCRAM) de los 3 reactores en operación
- Se produce la pérdida total de la energía eléctrica exterior

**15:27 h - 7 tsunamis sucesivos. Max. Altura  $\approx$ 14 msnm (la DBF era 5,7 m)**

- U-1/2/3/4: pérdida total de C.A. / U-5/6: sobrevivió 1 GD de 5
- Pérdida casi total de C.C. en unidades 1/2 (y extensa en U-3)
- U-2/3 funcionaron las turbobombas inyección al Rx (RCIC/HPCI)
- U-1: pérdida total de la refrigeración del núcleo (sin C.A.)  
... antes de las 18:00 h se inicia el descubrimiento del núcleo

\* MMS: “escala de magnitud de momento”: escala logarítmica usada para medir y comparar terremotos. Basada en la medición de la energía total que se libera en un sismo. Fue introducida en 1979 como mejora de la escala Richter

# 1 El accidente de Fukushima. Cronología de los acontecimientos

## Día 12 de marzo

### UNIDAD 1:

- 00:00 h Presión en contención ( $\geq 6$  bar) >> P. diseño (4,3 bar)  
Primer intento de ventear contención (alta radiación )
- 05:56 h Se “inicia” inyección alternativa al Rx con camiones de bomberos
- 07:00 h **El primer ministro Japonés se persona en la central ( $\approx 1$  hora)**
- 09:03 h Fin evacuación población alrededores -> decisión ventear contención
- Confirmación con autoridades
  - El venteo necesita suministro de CC y aire (o N<sub>2</sub>)
  - Problemas de acceso al edificio por muy alta radiación
- 14:30 h Venteo efectivo de contención -> Caudal efectivo de inyección al Rx
- 14:53 h Cese inyección vasija (falta de suministro de agua)
- 15:36 h **Explosión de H<sub>2</sub>** en la parte superior del edificio del reactor
- 19:04 h Inicio inyección agua de mar a vasija

**UNIDADES 2 y 3:** Se mantiene el núcleo refrigerado (por las turbobombas)

# 1 El accidente de Fukushima. Cronología de los acontecimientos

## Día 13 de marzo: UNIDAD 3

02:42 h Pérdida de la inyección

04:00 h Inicio descubrimiento núcleo

09:30 h Inicio inyección agua de mar al Rx. **Explosión de H<sub>2</sub>** en Ed. reactor

## Día 14 de marzo: UNIDAD 2

12:00 h Pérdida de la inyección

16:30 h Inicio descubrimiento núcleo

23:00 h Inicio inyección agua de mar a vasija. Se oyó un ruido “explosivo”(pero **no hubo explosión de H<sub>2</sub>**)

## Día 14 de marzo: UNIDAD 4

04:08 h Temperatura agua piscina 84 °C

## Día 15 de marzo: UNIDAD 4

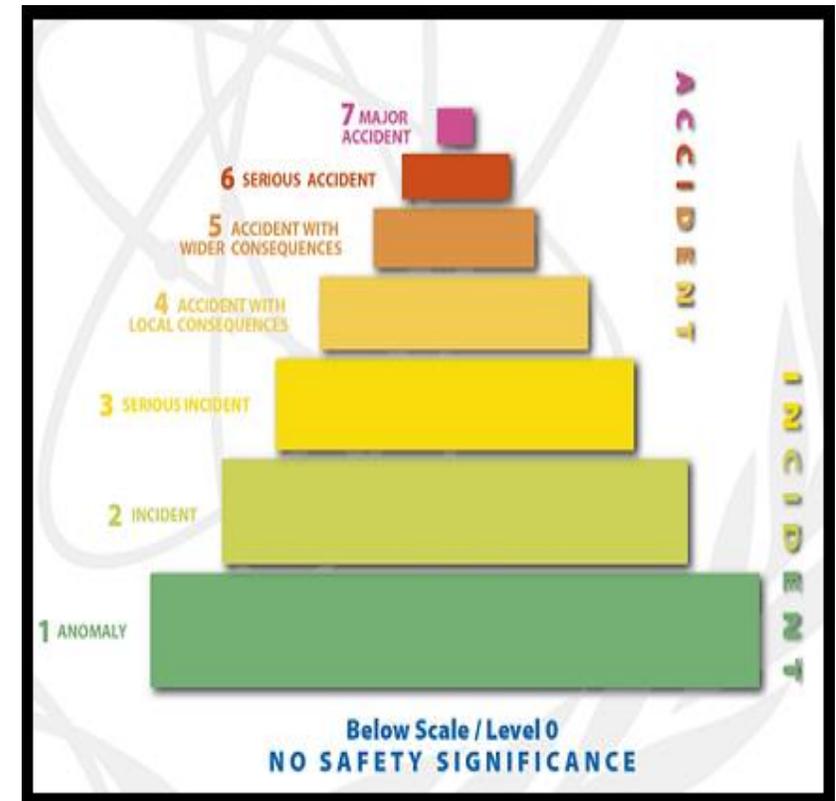
06:00 h **Explosión H<sub>2</sub>** en parte alta edificio del reactor

# 1 El accidente de Fukushima. Consecuencias

## Consecuencias inmediatas del accidente nuclear

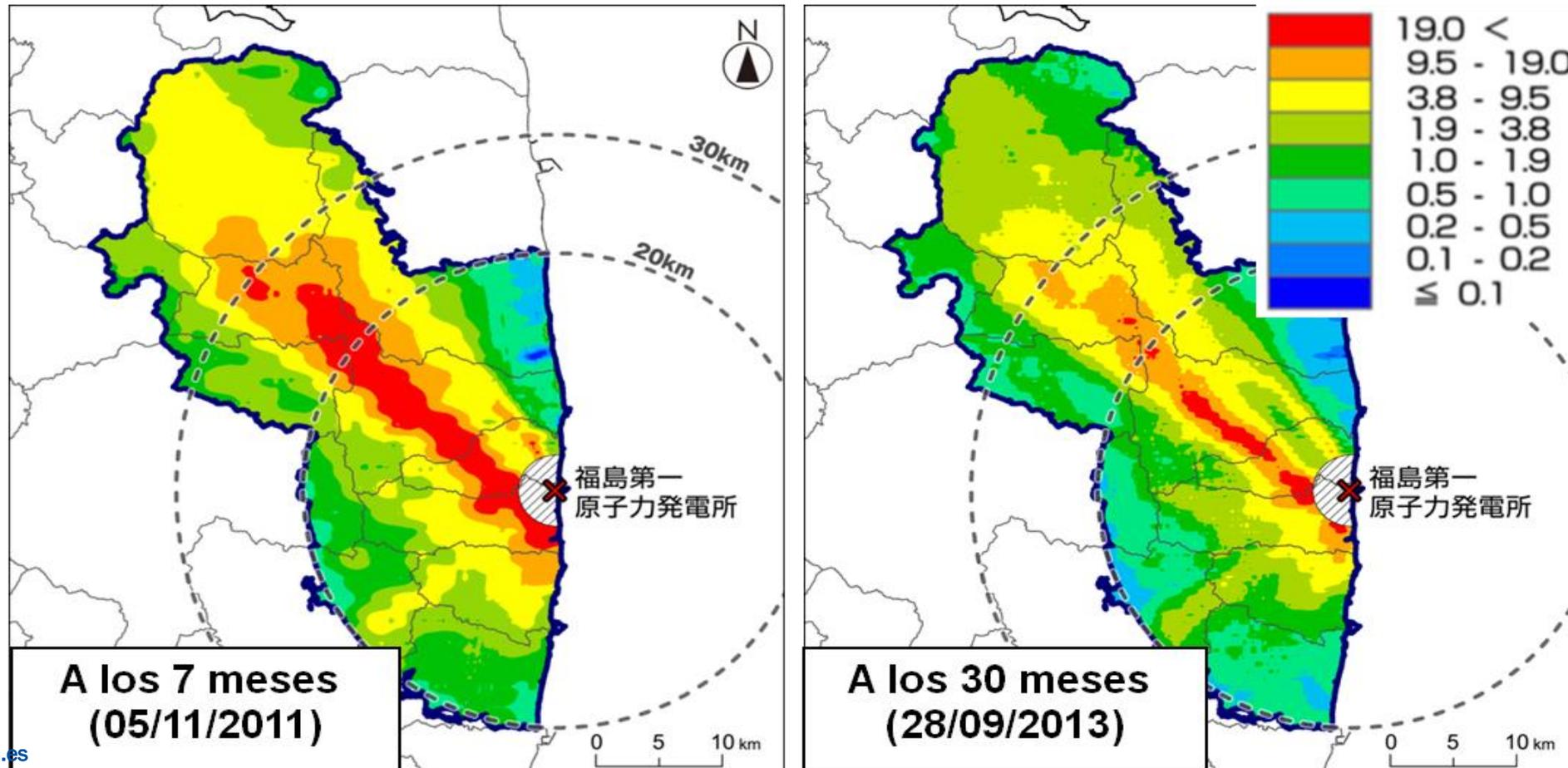
- Nivel 7 escala INES:  $17 \times 10^6$  Cu I-131 equiv.
- 12 mSv/h (emplazamiento) durante la emisión
- 130 mSv/h de dosis junto a U-1/2/3
- Tasa de dosis puntual (escombros) de 10 Sv/h
- Dosis de 0,7 Sv a 2 operadores
- Dosis de 0,1 Sv a más de 100 trabajadores
- No hubo víctimas mortales en el corto plazo\*
- Evacuada población radio 20 km
- Confinada población radio 30 km
- No dio tiempo a distribuir tabletas Yodo
- Aprox. 100 km<sup>2</sup> evacuados y no accesibles

\* Dos trabajadores de la central fallecieron ahogados por los Tsunamis  
Los efectos a largo plazo son objeto de debate médico



# 1 El accidente de Fukushima. Consecuencias

Evolución tasas de dosis en la zona ( $\mu\text{Sv/h}$ ). Medidas a 1m de altura sobre el suelo (Fuente: NRA, Japón).



# 1 El accidente de Fukushima

## Situación actual y retos para el futuro

- ✓ Gestión de grandes cantidades de agua contaminada almacenadas en el emplazamiento
- ✓ Recuperación paulatina de las zonas de exclusión
- ✓ Recogida y almacenamiento del combustible gastado
- ✓ Recuperación del combustible fundido y escombros

## 2 Las pruebas de resistencia. El parque nuclear

### El parque nuclear europeo en 2011

- ✓ 187 Centrales nucleares en Europa
- ✓ 134 Centrales nucleares en la Unión Europea (UE)



PAÍS	UNIDADES
France	58
Germany	9
UK	18
Sweden	10
Spain	8
Belgium	7
Czech Republic	6
Finland	4
Bulgary	2
Hungry	4
Slovakia	4
Romania	2
Slovenia	1
Netherlands	1
<b>UNIÓN EUROPEA</b>	<b>134</b>
RUSSIA	32
UKRANIE	15
SWITZERLAND	5
ARMENIA	1
<b>USA</b>	<b>104</b>

## 2 Las pruebas de resistencia europeas. Génesis de las pruebas

### 11 de marzo

Se produce el accidente de Fukushima

### 24 de marzo

El Consejo Europeo acuerda un plan para la realización de “pruebas de resistencia” en las centrales nucleares de la unión europea.

*Objetivo: evaluación complementaria de la capacidad de las centrales para soportar situaciones más allá de sus bases de diseño, identificar los márgenes de seguridad existentes y determinar las potencialidades para la implantación de mejoras de seguridad.*

### 22 y 23 de marzo

WENRA decide preparar, y proponer a la **Comisión Europea (CE)**, una *propuesta reguladora, técnicamente consistente, para la realización de las pruebas de resistencia*, y crea un grupo de trabajo que se reúne a partir del día 5 de abril y elabora una propuesta.

### 25 de mayo

La CE aprueba el documento elaborado por WENRA, el cual había sido también discutido, revisado y asumido por ENSREG

**26 de mayo** El CSN requiere formalmente las “pruebas de resistencia” (ITC)

## 2 Las pruebas de resistencia europeas. Contenido de las pruebas (1/2)

**OBJETIVO 1:** Revisión **complementaria y detallada** de la seguridad de las centrales nucleares teniendo en cuenta los sucesos ocurridos en Fukushima.

- ✓ **Tres “tópicos” o áreas de revisión (basado en el accidente)**
  - **Protección frente a fenómenos naturales extremos** (terremotos, inundaciones, otros), más allá de lo previsto en el diseño.
  - **Pérdida de funciones relevantes de seguridad:** alimentación eléctrica de corriente alterna y sumidero de calor.
  - **Capacidad de gestión de accidentes severos** y de mitigación de daño al combustible (en reactor o en piscinas de combustible gastado)
- ✓ **Se excluyen explícitamente los aspectos de seguridad física**
- ✓ **Calendario muy ajustado para titulares y regulador** De 01/06 al 31/12 (titulares y regulador)

**OBJETIVO 2:** Proceso **transparente:** seminarios, información al público...

## 2 Las pruebas de resistencia europeas. Contenido de las pruebas (2/2)

### Proceso definido en tres etapas:

- **Los titulares** realizaron los análisis y evaluaciones previstos en las PR.
- El **organismo regulador** verificó el cumplimiento del plan de la UE y validó los análisis realizados y las medidas de mejora propuestas (en su caso, requiriendo aspectos adicionales).
- La **revisión internacional** (*peer review*) comprobó la homogeneidad del alcance dado en cada país a este proceso.

### Para las tres áreas de revisión los análisis de los titulares debían incluir:

- Verificación de la **adecuación de las actuales bases de diseño/licencia**.
- **Evaluación de los márgenes de seguridad** existentes.
- Identificación de **recursos humanos y equipos disponibles** en las plantas.
- **Propuestas de mejora** de acuerdo con los resultados de los análisis.

## 3 Resultados de las pruebas implantadas en España

### Resumen global de lo realizado en España:

- Se cumplió el calendario previsto por la UE
- Los titulares realizaron en fechas los análisis requeridos
- Los titulares propusieron numerosas acciones de mejora (*proactividad*)
- El CSN revisó estos análisis (informe nacional de 31/12/2011)
- El CSN aceptó, en general, los resultados presentados.
- Sin embargo, requirió la implantación de mejoras adicionales
- El programa de implantación de mejoras se desarrolló en 3 escalones
- Comparativamente fue un **calendario agresivo (hasta 2016/17)**
- **Numerosas mejoras** (ver transparencias posteriores) .

# 3 Resultados de las pruebas implantadas en España

## Alcance y resultados de las Pruebas de Resistencia

**Tópico 1: Sucesos naturales extremos**

**Tópico 2: Pérdida de las funciones básicas de seguridad**

**Tópico 3: Planificación y gestión de accidentes**

## 3 Resultados de las pruebas implantadas en España

### ALCANCE TÓPICO 1: Sucesos naturales extremos

- Verificación del cumplimiento con el diseño autorizado (bases de diseño)
- Identificación de márgenes y fortalezas por encima bases de diseño
- Tópicos analizados:
  - Terremotos:
    - I. BDS, márgenes existentes
    - II. Efectos indirectos: rotura tuberías no sísmicas, incendios/explosiones
    - III. Instalaciones industriales cercanas
  - Inundaciones:
    - I. Integridad estructural presas vs. BDS y margen sísmico
    - II. Efecto de potenciales roturas de presas
    - III. Otros **escenarios** creíbles de inundación (lluvias intensas, avenidas)
- Otros sucesos: vientos, nieves o temperaturas extremas, etc.

## 3 Resultados de las pruebas implantadas en España

### RESULTADOS TÓPICO 1: Sucesos naturales extremos

- ✓ Nuevo “margen sísmico”
  - (0,3 g). BDS actual [0.1-0.2 g]
  
- ✓ ITC-sísmica: revisión caracterización sísmica de los emplazamientos
  - Metodología actualizada (SSG-9 del OIEA) **-en curso-**
  
- ✓ Análisis de la resistencia sísmica de presas aguas arriba de la plantas
  - Resistencia a RLE, o nivel inundación por fallo de presa
  
- ✓ Otros sucesos externos: inundaciones, temperaturas, vientos, etc.

## 3 Resultados de las pruebas implantadas en España

### ALCANCE TÓPICO 2: Pérdida de funciones básicas de seguridad

- Análisis de pérdida sucesiva de las fuentes de energía eléctrica C.A. (exterior e interior), incluyendo el agotamiento de baterías de C.C.
- Análisis de la pérdida de sumidero de calor
- Identificación de las secuencias y de acciones factibles
- Tiempo disponible antes de alcanzar situaciones límite

## 3 Resultados de las pruebas implantadas en España

### RESULTADOS TÓPICO 2: Pérdida de funciones básicas de seguridad

- ✓ Equipos móviles: bombas; generadores; instrumentación; mejoras en sistemas de comunicaciones y en iluminación de emergencia
- ✓ Desarrollo y validación de guías y procedimientos
- ✓ Alimentación “dedicada” de centrales hidroeléctricas cercanas
- ✓ Concepto de *Plug&Play*

## **3 Resultados de las pruebas implantadas en España**

### **ALCANCE TÓPICO 3: Planificación y gestión de accidentes**

- **Reevaluación organización y medios humanos existentes**
- **Medios disponibles en el emplazamiento (y fuera)**
- **Capacidad de acceso al emplazamiento en caso de sucesos severos**

# 3 Resultados de las pruebas implantadas en España

## RESULTADOS TÓPICO 3: Planificación y gestión de accidentes

- ✓ **Planificación de la gestión de accidentes severos**
  - Nuevo Centro Alternativo de Gestión de Emergencias en el emplazamiento
  - Nuevo Centro Apoyo de Emergencias en SS de los Reyes (equipos y personal)
  - Mejoras para poder acceder al emplazamiento en caso de eventos extremos
  - Refuerzos en la Organización de Respuesta ante Emergencias
  
- ✓ **Capacidades de gestión de accidentes severos**
  - Venteo filtrado de contención
  - Recombinadores de H2 autocatalíticos pasivos
  - Instrumentación: funcionalidad para casos extremos
  
- ✓ **Aspectos de protección radiológica**
  - Habitabilidad de sala de Control en caso de pérdida prolongada de la CA
  - Red online de vigilancia de la radiación en el propio emplazamiento
  - Procedimientos y guías para proteger (PR) a los operadores de campo
  - Nuevos límites de dosis admisibles en caso de accidentes (basados en OIEA)

### 3 Resultados de las pruebas implantadas en España



- Edificio equipos portátiles
- Generadores eléctricos
- Mangueras
- Conexión rápida. Plug & Play
- CAGE
- CAE

# 3 Resultados de las pruebas implantadas en España

## Otras acciones abordadas en España

### INSTRUCCIÓN SOBRE “PÉRDIDAS GRANDES ÁREAS”

- ✓ Tras el 11-S (2001) en US-NRC se requieren medidas complementarias para hacer frente a un escenario de impacto de avión comercial.
- ✓ El CSN planificó este proceso en 2012/2014. Tras Fukushima lo aceleró
- ✓ La ITC-2 (01/07/11) requirió fundamentalmente tres aspectos:
  - Protección contra incendios más allá de las BD de la central: nuevos equipos y refuerzo de las brigadas propias de PCI
  - Estrategias para tratar restablecer la refrigeración del núcleo, la
  - Integridad de la contención y la refrigeración de la piscina de combustible
  - Medidas para limitar las dosis al público y a los trabajadores

### REQUISITOS A OTRAS INSTALACIONES

- ✓ Se emitieron requisitos específicos a la CN Zorita (en desmantelamiento) y a la fábrica de combustible nuclear de Juzbado

# ¿Preguntas?

## III. IMPLICACIONES PARA LA CULTURA DE SEGURIDAD

1. Introducción
  - Definición.
  - Perspectiva histórica
2. Conclusiones relevantes del accidente.
3. Acciones Posteriores
  - Organizaciones Internacionales
  - España
4. Conclusiones finales

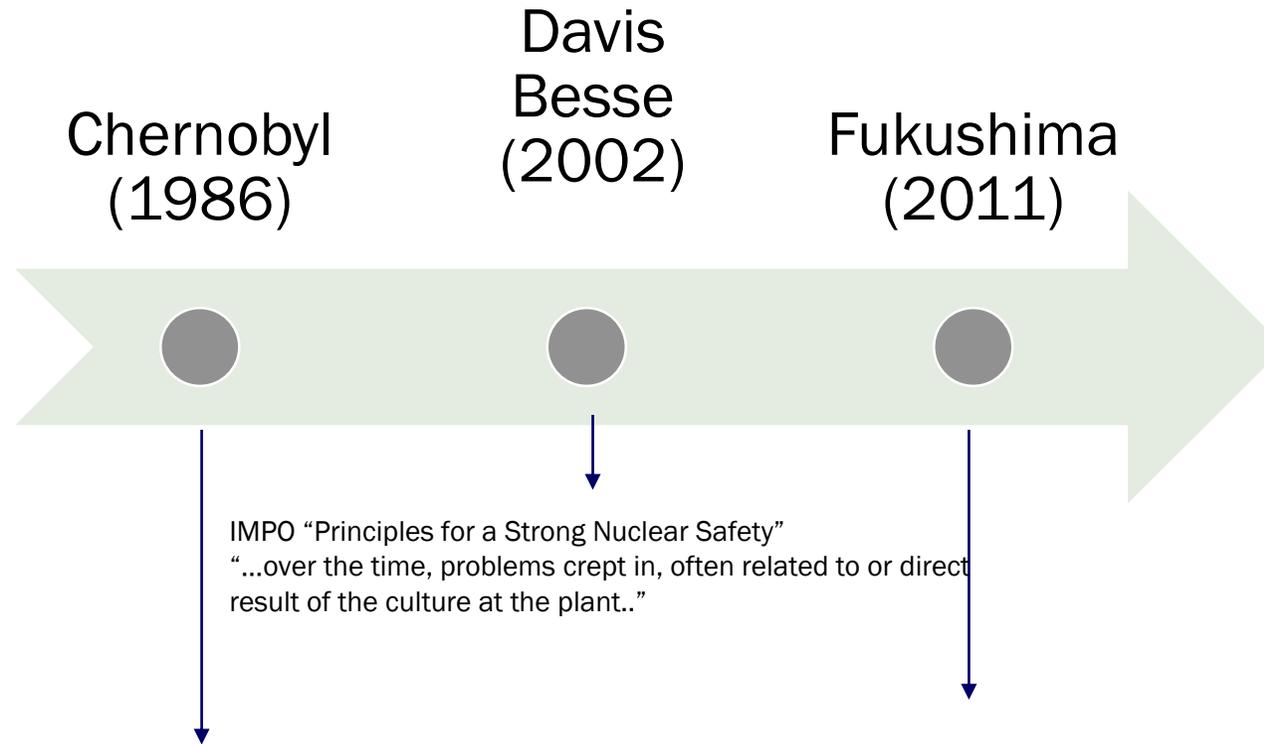
# 1 Introducción. Definición

INSAG-4 (IAEA 1991): Safety Culture is that assembly of characteristics and attitudes in organizations and individuals which establishes that, as an overriding priority, **nuclear plant safety** issues receive the attention warranted by their significance.

En actividades en las que la seguridad es un elemento relevante se utiliza el concepto de "cultura de seguridad" o "cultura orientada a la seguridad", con el que se hace referencia a cómo la cultura de esas organizaciones ayuda (o no) a mantener la seguridad de la actividad que realizan, y hasta qué punto la seguridad se considera una prioridad a la hora de actuar y tomar decisiones.

La cultura de una organización que está orientada a la seguridad, cuyos miembros comparten valores y creencias que dan la adecuada prioridad a la seguridad, ayuda a mantener la seguridad de sus operaciones.

# 1 Introducción. Perspectiva histórica

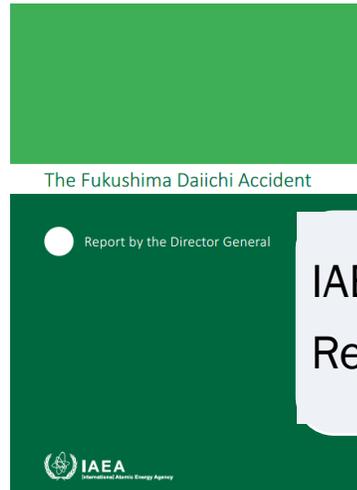
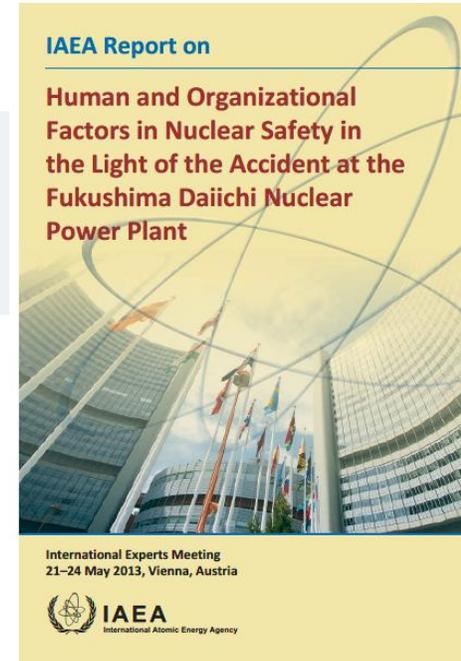


International Nuclear Safety Advisory Group (INSAG, 1986) (INSAG, 1992, pp. 23-24), the Chernobyl accident was caused by a "deficient safety culture at Chernobyl and throughout the Soviet design, operating and regulatory organizations."

The Fukushima Daiichi Accident. Report by Director General IAEA  
"A major factor that contributed to the accident was the widespread assumption in Japan that its nuclear power plants were so safe that an accident of this magnitude was simply unthinkable. This assumption was accepted by nuclear power plant operators and was not challenged by regulators or by the Government. As a result, Japan was not sufficiently prepared for a severe nuclear accident in March 2011."

## 2 Conclusiones relevantes del accidente

IAEA. Report on Human and Organizational Factors in Nuclear Safety in the Light of the Accident at the Fukushima Daiichi NPP  
International Expert Meeting, Vienna, 21-24 May 2013



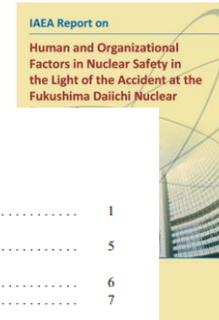
IAEA. The Fukushima Daiichi Accident.  
Report by the Director General. Vienna, 2015

## 2 Conclusiones relevantes del accidente

Los accidentes raramente son el resultado de un único evento , si no que provienen de una acumulación de malfunciones, malos entendidos, incorrectas hipótesis, etc.



1. La aproximación tradicional a la seguridad debe complementarse con una aproximación sistémica que considere no sólo los factores humanos, organizacionales y tecnológicos que contribuyen a la seguridad sino también las relaciones complejas entre ellos.
2. Es crucial establecer una cultura de la seguridad robusta y duradera. No puede haber complacencia sobre la seguridad de la instalación
3. ....



CONTENTS	
INSAG PERSPECTIVE .....	1
1. INTRODUCTION .....	5
1.1. Background. ....	6
1.2. Objective. ....	7
2. LESSONS LEARNED IN THE UNDERSTANDING OF THE CONCEPTS OF HUMAN AND ORGANIZATIONAL FACTORS IN NUCLEAR SAFETY .....	9
2.1. Integrated approach to safety .....	10
2.2. Safety culture .....	16
3. LESSONS LEARNED IN THE RELATIONSHIP BETWEEN THE REGULATOR AND THE OPERATING ORGANIZATION. ...	20
3.1. Nature of the relationship. ....	20
4. LESSONS LEARNED IN THE ROLE OF HUMAN AND ORGANIZATIONAL FACTORS IN EMERGENCY PREPAREDNESS AND RESPONSE .....	21
4.1. Roles and responsibilities. ....	22
4.2. Role of training. ....	24
4.3. Use of operating experience .....	25
5. BEST PRACTICES .....	26
5.1. Best practices for addressing technical issues .....	26
5.2. Best practices in operating organizations .....	27
5.3. Best practices in the relationship between the regulatory body and the licensee .....	27
6. RECOMMENDATIONS .....	28
6.1. Systemic approach to safety .....	28
6.2. Activities related to the regulatory body .....	29
6.3. IAEA safety standards .....	30

## 2 Conclusiones relevantes del accidente

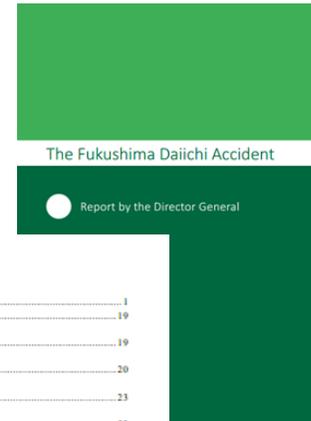
### 2.2.5. Assessment of regulatory effectiveness

*The regulation of nuclear safety in Japan at the time of the accident was performed by a number of organizations with different roles and responsibilities and complex inter-relationships. It was not fully clear which organizations had the responsibility and authority to issue binding instructions on how to respond to safety issues without delay.*

*The regulatory inspection programme was rigidly structured, which reduced the regulatory body's ability to verify safety at the proper times and to identify potential new safety issues.*

*The regulations, guidelines and procedures in place at the time of the accident were not fully in line with international practice in some key areas, most notably in relation to periodic safety reviews, re-evaluation of hazards, severe accident management and safety culture.*

Para asegurar una supervisión efectiva es esencial un Organismo Regulador Independiente, con autoridad legal, competencia técnica y una robusta cultura de seguridad.



CONTENTS

.....	1
.....	19
1. INTRODUCTION .....	19
1.1. THE REPORT ON THE FUKUSHIMA DAIICHI ACCIDENT .....	20
2. THE ACCIDENT AND ITS ASSESSMENT .....	23
2.1. DESCRIPTION OF THE ACCIDENT .....	23
2.1.1. Initiating event and response .....	23
2.1.2. Progression of the accident .....	33
2.1.3. Stabilization efforts .....	44
2.2. NUCLEAR SAFETY CONSIDERATIONS .....	48
2.2.1. Vulnerability of the plant to external events .....	48
2.2.2. Application of the defence in depth concept .....	52
2.2.3. Assessment of the failure to fulfil fundamental safety functions .....	55
2.2.4. Assessment of beyond design basis accidents and accident management .....	59
2.2.5. Assessment of regulatory effectiveness .....	63
2.2.6. Assessment of human and organizational factors .....	67
2.3. OBSERVATIONS AND LESSONS .....	70
3. EMERGENCY PREPAREDNESS AND RESPONSE .....	74
3.1. INITIAL RESPONSE IN JAPAN TO THE ACCIDENT .....	75
3.1.1. Notification .....	76
3.1.2. Mitigatory actions .....	77
3.1.3. Management of the emergency .....	79
3.2. PROTECTING EMERGENCY WORKERS .....	81
3.2.1. Protection of personnel at the plant following the earthquake and tsunami .....	82
3.2.2. Protective measures for emergency workers .....	82
3.2.3. Designation of emergency workers .....	83
3.2.4. Medical management of emergency workers .....	84
3.3. PROTECTING THE PUBLIC .....	84
3.3.1. Urgent protective actions and relocation .....	85
3.3.2. Protective actions relating to food, drinking water and agriculture .....	89
3.3.3. Public information .....	90
3.3.4. International trade .....	91
3.3.5. Waste management in the emergency phase .....	91
3.4. TRANSITION FROM THE EMERGENCY PHASE TO THE RECOVERY PHASE AND ANALYSES OF THE RESPONSE .....	92
3.4.1. Transition from the emergency phase to the recovery phase .....	92
3.4.2. Analyses of the response .....	93
3.5. RESPONSE WITHIN THE INTERNATIONAL FRAMEWORK FOR EMERGENCY PREPAREDNESS AND RESPONSE .....	94
3.6. OBSERVATIONS AND LESSONS .....	96

## 2 Conclusiones relevantes del accidente

### *Assessment of human and organizational factors*

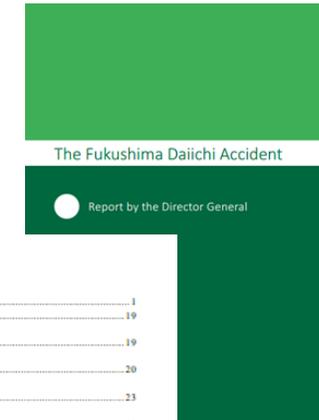
Before the accident, there was a basic assumption in Japan that the design of nuclear power plants and the safety measures that had been put in place were sufficiently robust to withstand external events of low probability and high consequences.

Because of the basic assumption that nuclear power plants in Japan were safe, there was a tendency for organizations and their staff not to challenge the level of safety. The reinforced basic assumption among the stakeholders about the robustness of the technical design of nuclear power plants resulted in a situation where safety improvements were not introduced promptly.

The accident at the Fukushima Daiichi nuclear power plant showed that, in order to better identify plant vulnerabilities, it is necessary to take an integrated approach that takes account of the complex interactions between people, organizations and technology.

Para promover una cultura de seguridad robusta los individuos y las organizaciones necesitan cuestionarse y reexaminar las hipótesis predominantes sobre la seguridad nuclear y las implicaciones de las decisiones y acciones. La seguridad es un proceso continuo de mejora.

Es necesario considerar una aproximación sistémica para la seguridad teniendo en cuenta las interacciones entre el ser humano los factores técnicos y organizativos. Esto es necesario a lo largo de toda la vida de la instalación



### CONTENTS

MMARY .....	1
ORT .....	19
ITION .....	19
REPORT ON THE FUKUSHIMA DAICHI ACCIDENT .....	20
2. THE ACCIDENT AND ITS ASSESSMENT .....	23
2.1. DESCRIPTION OF THE ACCIDENT .....	23
2.1.1. Initiating event and response .....	23
2.1.2. Progression of the accident .....	33
2.1.3. Stabilization efforts .....	44
2.2. NUCLEAR SAFETY CONSIDERATIONS .....	48
2.2.1. Vulnerability of the plant to external events .....	48
2.2.2. Application of the defence in depth concept .....	52
2.2.3. Assessment of the failure to fulfil fundamental safety functions .....	55
2.2.4. Assessment of beyond design basis accidents and accident management .....	59
2.2.5. Assessment of regulatory effectiveness .....	63
2.2.6. Assessment of human and organizational factors .....	67
2.3. OBSERVATIONS AND LESSONS .....	70
3. EMERGENCY PREPAREDNESS AND RESPONSE .....	74
3.1. INITIAL RESPONSE IN JAPAN TO THE ACCIDENT .....	75
3.1.1. Notification .....	76
3.1.2. Mitigatory actions .....	77
3.1.3. Management of the emergency .....	79
3.2. PROTECTING EMERGENCY WORKERS .....	81
3.2.1. Protection of personnel at the plant following the earthquake and tsunami .....	82
3.2.2. Protective measures for emergency workers .....	82
3.2.3. Designation of emergency workers .....	83
3.2.4. Medical management of emergency workers .....	84
3.3. PROTECTING THE PUBLIC .....	84
3.3.1. Urgent protective actions and relocation .....	85
3.3.2. Protective actions relating to food, drinking water and agriculture .....	89
3.3.3. Public information .....	90
3.3.4. International trade .....	91
3.3.5. Waste management in the emergency phase .....	91
3.4. TRANSITION FROM THE EMERGENCY PHASE TO THE RECOVERY PHASE AND ANALYSES OF THE RESPONSE .....	92
3.4.1. Transition from the emergency phase to the recovery phase .....	92
3.4.2. Analyses of the response .....	93
3.5. RESPONSE WITHIN THE INTERNATIONAL FRAMEWORK FOR EMERGENCY PREPAREDNESS AND RESPONSE .....	94
3.6. OBSERVATIONS AND LESSONS .....	96

# 3 Acciones posteriores en organismos internacionales

Unión Europea

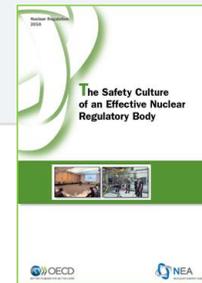
- Pruebas de Resistencia.
- Revisión de la Directiva 2009/71 Euratom (25 de junio de 2009) Directiva 2014/87/Euratom Consejo 8 de julio 2014



Objetivo: Reforzar el marco regulador europeo en materia de Seguridad Nuclear a la luz del suceso de Fukushima Daiichi

NEA/OCDE

- Trabajos del Grupo WGHOFF (CSNI)
- Desarrollo del llamado “libro verde” (CNRA): Cultura de seguridad en Organismos reguladores.



Objetivo: Identificar los principios básicos de la cultura de seguridad en los Organismos Reguladores. Entendiendo que la CS de los OR impacta en la seguridad de las instalaciones

OIEA

- Grupos de trabajo de análisis de factores humanos y organizativos.
- Inicio de actividades para: Evaluación Independiente de la Cultura de la Seguridad (ISCA).
- IRRS 2018



**Informe IRRS 2018 – Módulo 4 “Sistema de gestión del organismo regulador”.**

*R6 ARM*

*El CSN ha aprobado en 2017 una política de cultura de seguridad. El CSN deberá finalizar el plan de acción de cultura de seguridad e implementarlo, incluyendo la evaluación de cultura de seguridad.*

*S8 IRRS*

*Sugerencia: el CSN debe considerar llevar a cabo evaluaciones periódicas de su cultura de seguridad.*

## 3 Acciones posteriores en España

Directiva UE:

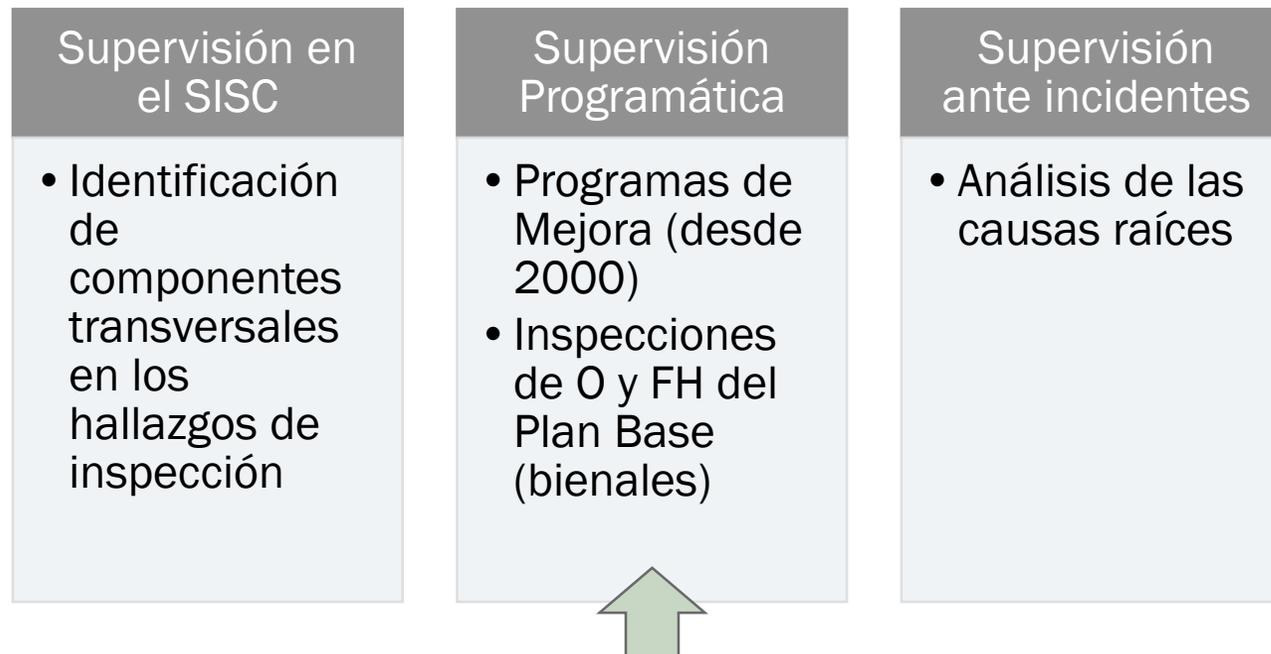


Transpuesta mediante RD 1400/2018, de 23 de noviembre. Aprobación del Reglamento de Seguridad Nuclear en Instalaciones Nucleares (RSN)

- Obligaciones para los titulares de las instalaciones.
- Incorpora como objetivo de seguridad: evitar tanto las emisiones tempranas sin tiempo a aplicar medidas como grandes emisiones que no se puedan limitar en tiempo y espacio.
- Concepto de mejora “continua” de la seguridad.
- Objetivo de **organizaciones orientadas a la seguridad**
- ....

## 3 Acciones posteriores en España

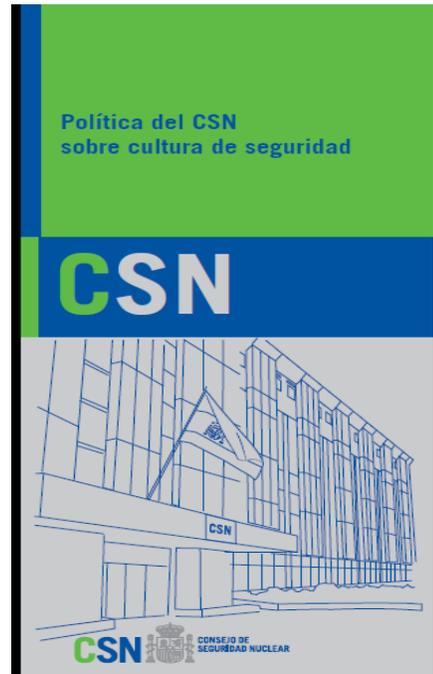
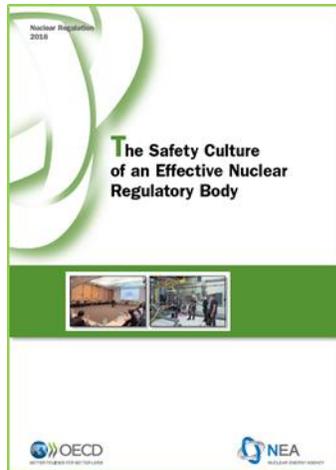
### Supervisión del CSN. IINN



IS-19, 22 de octubre de 2008. Instrucción sobre requisitos del sistema de gestión de instalaciones nucleares:

- Art. 4.1.2. *La seguridad será considerada de forma prioritaria, por encima de todas las demás exigencias*
- Art. 4.2. Cultura de seguridad
- Art. 82 Autoevaluación
- Art. 8.3 Evaluaciones independientes

## 3 Acciones posteriores en España



**Principio 1.** El liderazgo para la seguridad se ha de manifestar a todos los niveles jerárquicos

**Principio 2.** Todo el personal tiene la responsabilidad individual de demostrar un comportamiento, en todo momento, orientado a la seguridad

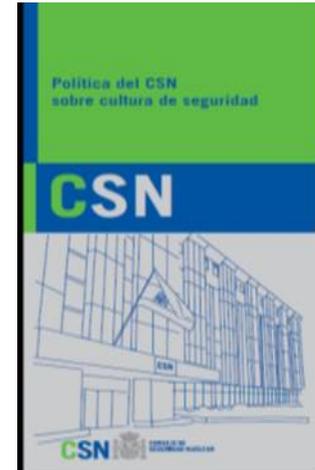
**Principio 3.** Una cultura que promueve la seguridad, facilita la cooperación y la comunicación

**Principio 4.** La aplicación de un enfoque global de la seguridad se asegura trabajando de forma sistemática

**Principio 5.** Estímulo de la mejora continua, el aprendizaje y la autoevaluación a todos los niveles de la organización

### 3 Acciones posteriores en España

- RD 1400/2018 establece disposiciones relativas a:
  - Autoevaluaciones periódicas. Cada 10 años
  - Evaluaciones específicas a las instalaciones (*Topical peer review*). Cada 6 años
- Documento de Política de cultura de seguridad en el CSN (2017)
- Plan de Acción (2017) que incluye formación y una evaluación de la cultura de seguridad en el CSN.



#### Etapas del proyecto



## 4 Conclusiones finales

- El accidente de Fukushima ha supuesto un punto de inflexión en lo relativo a la revisión del impacto en la seguridad de los distintos elementos tanto humanos y organizativos como tecnológicos.
- Las interacciones entre el Organismo Regulador, los operadores y los diferentes grupos de interés afectan a la seguridad de la IINN.
- Es necesario promover una cultura de seguridad robusta tanto en los titulares de las Instalaciones como en el propio Organismo Regulador.
- El reto es conseguir una cultura de seguridad individual y colectiva robusta que permita abordar la revisión de la seguridad de las instalaciones con una aproximación sistémica y graduada tomando en consideración los riesgos de la actividad.

# ¿Preguntas?

Muchas gracias