

# Accidente de Fukushima Daiichi

## Información internacional y Actuaciones derivadas en España

### Plan de Acción Nacional Post-Fukushima

#### 1. Antecedentes:

- a. Accidente de Fukushima Daiichi. Resumen de eventos y aspectos técnicos principales que dan origen al accidente.

El accidente de la central nuclear de Fukushima Daiichi (Japón) ocurrió el 11 de marzo de 2011 a raíz del tsunami que inundó su emplazamiento, una hora después de que se produjera el terremoto de Tohoku, el mayor registrado en la historia del país. Es éste el peor accidente ocurrido en una central nuclear desde el desastre de Chernóbil de 1986, siendo también clasificado con un 7 en la escala INES.

La central nuclear de Fukushima Daiichi, operada por la compañía Tepco (Tokyo Electric Power Company), estaba integrada por 6 unidades, cuatro de las cuales se ubicaban en una cota de unos 10 msnm y otras dos en una ligeramente más alta, todas ellas muy próximas al mar. Sólo tres de los seis reactores (reactores 1 a 3, situados en la zona más próxima al mar) se encontraban en operación en el momento del accidente.

La central sufrió la pérdida de las líneas de alimentación eléctrica exterior como resultado del terremoto y, posteriormente, el tsunami destruyó o causó daños irreparables en equipos operativos y de seguridad y distintas estructuras de la central. Como resultado, los tres reactores en operación perdieron la función de refrigeración a sus núcleos, que finalmente fundieron, y las correspondientes vasijas de los reactores se fracturaron.

El hidrógeno escapado de las vasijas tras la fusión de los núcleos dio lugar a explosiones de hidrógeno sucesivas en los edificios del reactor de las unidades 1, 3 y 4, provocando la liberación al exterior de radionucleidos, que fueron transportados por el viento y se depositaron en la tierra y mar adentro (además de las liberaciones directas al mar de agua contaminada). La población que vivía en un radio de 20 km de la central (y otras áreas específicas) fue evacuada, y se determinó confinamiento domiciliario o evacuación voluntaria para la población que se encontraba entre 20-30 km.

A día de hoy, tras 10 años de intensos trabajos, continúan las tareas de desmantelamiento de la central y de recuperación del combustible fundido. Asimismo están en curso acciones de recuperación de las áreas afectadas radiológicamente por el accidente, suponiendo un reto considerable el almacenamiento de grandes cantidades de agua tritiada y de los árboles talados y la capa de terreno retirada en la zona circundante a la central.

## b. Informes más relevantes del accidente

A raíz del accidente de la central nuclear Fukushima Daiichi se han llevado a cabo números análisis e informes, con múltiples enfoques y contenidos: sobre las causas del accidente, sobre su desarrollo, de lecciones aprendidas del mismo o de seguimiento de las acciones derivadas.

Se recogen a continuación las páginas web y enlaces a algunos de los informes más relevantes del accidente que se han publicado, en los que se puede encontrar información de detalle en relación a lo descrito en el apartado anterior:

- Informe oficial del Parlamento de Japón, elaborado por una comisión de investigación independiente: *“The National Diet of Japan. The official report of The Fukushima Nuclear Accident. Independent Investigation Commission”*. Julio 2012.

[https://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/NAIIC\\_report\\_lo\\_res2.pdf](https://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/NAIIC_report_lo_res2.pdf)

- Informe de la Comisión de investigación designada por el gobierno de Japón en mayo de 2011. *“Japanese Government Investigation Committee Report”*

<http://www.cas.go.jp/jp/seisaku/icanps/eng/>

- Interim Report 26/12/2011  
<http://www.cas.go.jp/jp/seisaku/icanps/eng/interim-report.html>
- Final report – Recommendations 23/07/2012  
<http://www.cas.go.jp/jp/seisaku/icanps/eng/07Vlfinal.pdf>
- IAEA (OIEA): a raíz de la Conferencia General del OIEA de septiembre de 2012, el Organismo Internacional de la Energía Atómica (OIEA) convocó a 180 expertos de todos los países miembros, formando cinco grupos de trabajo para analizar el accidente desde todas sus perspectivas (técnico, de gestión de emergencias, y también desde la perspectiva de la actuación humana, organizativa y reguladora). El resultado es un informe del director general y cinco informes técnicos, que describen el accidente y sus causas, su evolución y consecuencias, y que identifica observaciones y lecciones aprendidas.

- Informe del Director General y 5 volúmenes de informes técnicos

<https://www.iaea.org/publications/10962/the-fukushima-daiichi-accident>

- NEA/OCDE: la Nuclear Energy Agency de la OCDE, NEA, ha elaborado diversos informes, tanto sobre el accidente como sobre las lecciones aprendidas del mismo, destacando los siguientes:

- 2013 *Fukushima Daiichi Accident. NEA Nuclear Safety Response and Lessons Learnt*

[https://www.oecd-nea.org/jcms/pl\\_14866/the-fukushima-daiichi-nuclear-power-plant-accident-oecd/nea-nuclear-safety-response-and-lessons-learnt](https://www.oecd-nea.org/jcms/pl_14866/the-fukushima-daiichi-nuclear-power-plant-accident-oecd/nea-nuclear-safety-response-and-lessons-learnt)

- 2016 *Implementation of Defense in Depth (DiD) Lessons learned from Fukushima*

[https://www.oecd-nea.org/jcms/pl\\_14950/implementation-of-defence-in-depth-at-nuclear-power-plants](https://www.oecd-nea.org/jcms/pl_14950/implementation-of-defence-in-depth-at-nuclear-power-plants)

- 2016 *Five Years after Fukushima Daiichi Accident. Nuclear Safety Improvements and Lessons learnt*

[https://www.oecd-nea.org/jcms/pl\\_14978/five-years-after-the-fukushima-daiichi-accident](https://www.oecd-nea.org/jcms/pl_14978/five-years-after-the-fukushima-daiichi-accident)

- 2021 *Fukushima Daiichi Nuclear Power. Plant Accident, Ten Years On. Progress, Lessons and Challenges*

[https://www.oecd-nea.org/jcms/pl\\_56742/fukushima-daiichi-nuclear-power-plant-accident-ten-years-on?details=true](https://www.oecd-nea.org/jcms/pl_56742/fukushima-daiichi-nuclear-power-plant-accident-ten-years-on?details=true)

- World Nuclear Association: Información sobre el accidente de Fukushima Daiichi, actuaciones posteriores, informes realizados y estado actual en la página de la World Nuclear Association:

<https://world-nuclear.org/information-library/safety-and-security/safety-of-plants/fukushima-daiichi-accident.aspx>

- IRSN: Destacan los dos informes siguientes sobre el accidente de Fukushima, preparados por el Instituto para la Radioprotección y la Seguridad Nuclear de Francia, IRSN, desde la perspectiva de los factores humanos y organizativos:

- IRSN-2015-01 *Human and Organizational Factors Perspective on the Fukushima Nuclear Accident*

[https://www.irsn.fr/FR/expertise/rapports\\_expertise/Documents/surete/IRSN-PSN-SRDS-SFOHREX\\_2015-01\\_Fukushima-Human-Organizational.pdf](https://www.irsn.fr/FR/expertise/rapports_expertise/Documents/surete/IRSN-PSN-SRDS-SFOHREX_2015-01_Fukushima-Human-Organizational.pdf)

- IRSN-2015-01 *Six questions to learn from Fukushima disaster through Human and Organizational Factors*

[https://www.irsn.fr/FR/expertise/rapports\\_expertise/Documents/surete/IRSN-PSN-SRDS-SFOHREX\\_2015-03\\_Fukushima-6questions-Human-Organization.pdf](https://www.irsn.fr/FR/expertise/rapports_expertise/Documents/surete/IRSN-PSN-SRDS-SFOHREX_2015-03_Fukushima-6questions-Human-Organization.pdf)

### c. Consecuencias del accidente en Japón

Las consecuencias del accidente de Fukushima fueron más allá de las inmediatas, de carácter físico, que abarcan desde la destrucción causada en el emplazamiento, la fusión de los núcleos de tres reactores de los seis de la instalación, las consecuencias de las explosiones de hidrógeno tanto dentro como fuera del emplazamiento, la contaminación de áreas alrededor de la central, la evacuación de la población o la creación de una zona de exclusión en torno a la central, que a día de hoy aún no es accesible por la contaminación de los suelos.

Además de todo esto, el accidente llevó a una reconsideración de la energía nuclear y su regulación, con reanálisis de la seguridad nuclear basados en las lecciones aprendidas del accidente, tanto en Japón como a nivel mundial.

En el caso de Japón se procedió a una revisión completa de la regulación nuclear y la forma de supervisión de las instalaciones, adoptando una aproximación más flexible y efectiva, e incluyendo entre las formas de supervisión la informada por el riesgo. Para ello, se creó una agencia única responsable de la supervisión de la seguridad nuclear, la *Nuclear Regulation Authority* (NRA), con independencia organizativa, cultural, financiera y política.

Al nuevo organismo regulador se le pide poner el foco sobre su propia cultura de seguridad, en línea con las conclusiones de los análisis realizados y las debilidades identificadas en este sentido. Esta nueva aproximación se extiende, promovida por entidades internacionales como el OIEA o la NEA/OCDE, al resto de organismos reguladores nucleares del mundo. Así, los organismos reguladores comienzan a evaluar y poner en marcha mecanismos de mejora de su propia cultura de seguridad, entendiendo que ésta (y no sólo la de las instalaciones que supervisan) también tiene impacto en la seguridad nuclear y radiológica.

Asimismo, se ordenó la parada indefinida de todas las centrales nucleares en operación en el momento del accidente (54), imponiendo como condición para la vuelta a operación de las mismas (y previa aprobación por NRA) la realización de un análisis de la seguridad de cada instalación, basado en una nueva normativa, con la consiguiente

realización de mejoras en su seguridad nuclear y en la preparación para emergencias. Una parte de las unidades (15) fue cerrada definitivamente, algunas han reanudado ya la operación (en julio de 2021 habían vuelto a operar 10 reactores, todos ellos PWR), y otras siguen en proceso de evaluación.

Todo ello como respuesta a las debilidades identificadas en varios de los informes sobre el accidente en relación a: las deficiencias en la regulación nuclear de Japón, su completitud y su adecuación al estado del arte internacional; la distribución (no claramente definida) de responsabilidades en seguridad nuclear entre distintos organismos e instancias de la administración; la falta de independencia de la regulación de la estrategia política y energética del país; y las deficiencias en los planes de inspección, carentes de flexibilidad para adaptarse a las necesidades y temas emergentes.

## 2. Pruebas de resistencia en la Unión Europea y su aplicación en España

### a. Definición de las pruebas de resistencia en la Unión Europea

El Consejo Europeo decidió el 24 de marzo de 2011, apenas unos días después de producirse el accidente de Fukushima, sobre la necesidad de revisar la seguridad de las centrales nucleares europeas, a través de un análisis de conjunto completo y transparente del riesgo y la seguridad, lo que se denominó “stress test” (“pruebas de resistencia”). Para ello solicitó al Grupo Europeo de Reguladores Nucleares (ENSREG) y a la Comisión Europea definir el alcance y modalidades de dichas pruebas.

Casi simultáneamente, la Asociación de Reguladores Nucleares de Europa Occidental (WENRA) decidió, el 22 y 23 de marzo de 2011, preparar y proponer a la Comisión Europea *una propuesta reguladora, técnicamente consistente, para la realización de las pruebas de resistencia*, creando para elaborar la propuesta un grupo de trabajo que comienza a reunirse en abril de 2011.

La propuesta de pruebas de resistencia (evaluaciones completas del riesgo y la seguridad) preparada por WENRA, fue aprobada por ENSREG en su reunión de 12 de mayo. El Consejo de Seguridad Nuclear (CSN) participó de forma activa, y a varios niveles, en la discusión y elaboración de estos documentos, tanto en el marco de WENRA como en el de ENSREG.

La propuesta de pruebas de resistencia de WENRA y ENSREG fue remitida a la Comisión Europea, que la aprobó el 25 de mayo. El 26 de mayo CSN emitió las instrucciones técnicas complementarias que requerían su realización.

El Consejo Europeo celebrado el 10 de junio de 2011 aprobó finalmente el plan para someter a todas las centrales nucleares europeas a un conjunto homogéneo de “pruebas de resistencia”, definidas previamente en el documento elaborado por WENRA y ENSREG.

Participaron en las pruebas de resistencia, con carácter voluntario, 17 países europeos: los 15 países de la Unión Europea con centrales nucleares; y adicionalmente dos países europeos no pertenecientes a la UE con centrales nucleares en operación.

El calendario establecido daba a los titulares hasta el 31 de octubre de 2011 para remitir su análisis al organismo regulador, que debía entonces evaluar los resultados y emitir su propio informe de valoración antes del 31 de diciembre de ese año. Se fijaron asimismo los plazos para informes intermedios de avance de los titulares de las instalaciones y los organismos reguladores.

El primer objetivo de estas pruebas era permitir la evaluación de la capacidad de las centrales para soportar situaciones que pudieran ir mucho más allá de lo previsto en sus respectivas bases de diseño, e identificar los márgenes de seguridad que existían respecto de estas bases y las potenciales medidas que se pudieran adoptar para mejorar su seguridad.

El segundo objetivo, relativo a la transparencia del proceso solicitada por el Consejo Europeo, se llevó a cabo a través de revisiones *inter pares* (o *peer reviews*) de los informes de cada país a escala de la UE, y workshops o talleres para tratar los resultados.

Según lo acordado, este plan de las pruebas de resistencia se completó en todos los países antes del 31 de diciembre de 2011. Los titulares de las instalaciones realizaron los análisis y evaluaciones previstos, y el organismo regulador de cada país verificó el cumplimiento del plan de ENSREG y validó los análisis realizados y las propuestas de mejora derivadas; requiriendo, en su caso, análisis o medidas adicionales cuando se consideró necesario.

Entre enero y septiembre de 2012, tras finalizar las pruebas de resistencia en cada país, se llevó a cabo el proceso de revisiones *inter pares*, mediante la revisión de los informes por todos los organismos reguladores europeos, incluyendo un workshop en Luxemburgo y visitas a todos los países, y a 24 de las centrales nucleares que cubrían todos los diseños existentes en aquel momento en la Unión Europea.

En 2013 y 2014 se llevaron a cabo nuevos procesos de revisión *inter pares*, para el seguimiento de la implantación de las mejoras comprometidas, que concluyeron con los correspondientes workshop, celebrados en Bruselas, para establecer conclusiones.

Esta información y su ampliación se pueden encontrar en los siguientes enlaces:

- Información en la página de la Comisión Europea:

[https://ec.europa.eu/energy/topics/nuclear-energy/nuclear-safety\\_es](https://ec.europa.eu/energy/topics/nuclear-energy/nuclear-safety_es)

[https://ec.europa.eu/energy/topics/nuclear-energy/nuclear-safety\\_es#stress-tests-and-follow-up](https://ec.europa.eu/energy/topics/nuclear-energy/nuclear-safety_es#stress-tests-and-follow-up)

[https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/MEMO\\_12\\_157](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/MEMO_12_157)

- Información de los stress test y Peer Review en la página de ENSREG:

<http://www.ensreg.eu/EU-Stress-Tests>

<http://ensreg.eu/EU-Stress-Tests/Background-and-Specifications>

[http://www.ensreg.eu/sites/default/files/EU%20Stress%20Test%20Peer%20Review%20Final%20Report\\_0.pdf](http://www.ensreg.eu/sites/default/files/EU%20Stress%20Test%20Peer%20Review%20Final%20Report_0.pdf)

<http://www.ensreg.eu/EU-Stress-Tests/Follow-up>

[http://www.ensreg.eu/sites/default/files/HLG\\_p%282015-29%29\\_143%20-%202nd%20NACP%20SUMMARY%20REPORT%20-%20FINAL%20.pdf](http://www.ensreg.eu/sites/default/files/HLG_p%282015-29%29_143%20-%202nd%20NACP%20SUMMARY%20REPORT%20-%20FINAL%20.pdf)

b. [Acciones adoptadas en España en respuesta a la Resolución del CE \(26/05/11\)](#)

Siguiendo lo acordado a nivel europeo, el 26 de mayo de 2011 el Consejo de Seguridad Nuclear (CSN), emitió las correspondientes Instrucciones Técnicas Complementarias<sup>1</sup> (conocidas como ITC-1) para requerir a las compañías propietarias de las **centrales nucleares españolas** la realización de un programa de revisión de su seguridad, siguiendo la estructura y criterios de las pruebas de resistencia definidas por ENSREG/WENRA. El informe con los resultados debía incluir una propuesta detallada de las medidas previstas y su correspondiente programación. Estas ITC se remitieron también a **CN Santa María de Garoña**, en operación en ese momento, si bien en julio 2013 y una vez decidido el cese definitivo de esta central, se remitió a esta central una ITC que adaptaba los requerimientos a esta nueva situación.

El 31 de octubre de 2011 todos los titulares remitieron al CSN sus informes, que fueron posteriormente evaluados por el Consejo. El 31 de diciembre de 2011, el CSN envió a la Comisión Europea el informe que contiene los resultados y las conclusiones de dicha evaluación. En el informe se analizaban en detalle las condiciones de seguridad de estas instalaciones frente a las situaciones propuestas y se detallaban las diversas acciones de mejora que se iban a llevar a cabo como consecuencia de este programa. En diciembre de 2014 se remitió una actualización de este informe.

---

<sup>1</sup> Una Instrucción Técnica Complementaria (ITC) es un requisito reglamentario que desarrolla el condicionado de una autorización, a fin de garantizar su debida ejecución, así como el mantenimiento del nivel óptimo de seguridad aprobado por el CSN.

Adicionalmente a las ITC enviadas a las centrales nucleares en operación, el CSN envió requisitos específicos al titular de **José Cabrera** (central nuclear en proceso de desmantelamiento y con un almacenamiento temporal de combustible gastado en su emplazamiento), en la que se adaptaba la solicitud del programa general de pruebas de resistencia a las especificidades y riesgos de esta instalación.

Asimismo, y fuera del marco fijado a nivel europeo, el CSN emitió también una instrucción al titular de la **Fábrica de combustible nuclear de Juzbado**, requiriendo la realización de pruebas de resistencia específicas, adaptadas a su diseño.

Posteriormente, en un proceso paralelo al de las pruebas de resistencia, y con el fin de reforzar aún más las capacidades de las instalaciones nucleares para hacer frente a situaciones excepcionales que pudieran ir mucho más allá de las Bases de Diseño consideradas, el 1 de julio de 2011 el CSN emitió nuevas ITC (conocidas como “ITC-2” o “de grandes áreas”) requiriendo a las centrales nucleares la realización de un análisis para identificar las medidas adicionales necesarias para mitigar las consecuencias de incendios o explosiones de origen humano (voluntario o involuntario) que pudieran suponer la pérdida de grandes áreas de la central. Debido a la potencial sensibilidad de la información resultante de estos análisis se decidió darles un tratamiento específico de confidencialidad.

Aproximadamente un año más tarde se requirieron a José Cabrera (15/06/2012) y Juzbado (11/07/12) análisis análogos, adaptados a sus respectivos diseños.

Como resultado de la evaluación realizada en el CSN se emitieron nuevas instrucciones (ITC-3 y 4) a las instalaciones, recopilando las acciones a realizar por los titulares, tanto las propuestas por ellos como resultado de sus análisis, como la realización de análisis o implantación de mejoras adicionales identificadas por el CSN en su evaluación.

Las denominadas ITC-3, asociadas a los resultados de las pruebas de resistencia, se enviaron el 15 de marzo de 2012, y las ITC-4, asociadas a los resultados de los análisis de pérdida de grandes áreas, se enviaron el 27 de julio de 2012.

En diciembre de 2011 el CSN documentó y remitió a la Comisión Europea, en un Informe Final, el proceso seguido en la solicitud y evaluación de las pruebas de resistencia a los titulares de instalaciones nucleares. Este informe puede encontrarse en:

<https://www.csn.es/documents/10182/b9907d43-b8e3-4006-8194-3f58089f8794>

De modo general, la información relativa a las pruebas de resistencia, está disponible en la página web del CSN en el enlace:

<https://www.csn.es/pruebas-de-resistencia>

En este enlace se pueden encontrar el Plan de Acción Nacional de diciembre de 2012 y la revisión de diciembre de 2014 del mismo, los informes elaborados por el CSN para su

remisión a la Comisión Europea, las instrucciones técnicas complementarias emitidas por el CSN o las memorias explicativas de las mismas.

Se describen a continuación algunos de los resultados obtenidos en los análisis realizados por las instalaciones españolas (pruebas de resistencia y análisis de pérdida de grandes áreas), diferenciando entre las centrales nucleares (CCNN) en operación (i) y otras instalaciones nucleares (ii), epígrafe bajo el que se recoge el caso de CN José Cabrera (en desmantelamiento) y la Fábrica de Combustible de Juzbado. Las actuaciones relativas a la CN Santa María de Garoña (cuyo cese fue decidido durante el periodo de análisis) se describen en el epígrafe (i).

### i. Centrales nucleares en operación

Las Pruebas de Resistencia se definieron como una reevaluación orientada a los márgenes de seguridad de las plantas nucleares a la luz de los eventos sucedidos en Fukushima, esto es: fenómenos naturales extremos que puedan poner en peligro las funciones de seguridad de las plantas y que puedan llevar a una situación de accidente severo.

Esta reevaluación debía consistir en:

- una evaluación de la respuesta esperable de una central nuclear frente al conjunto de situaciones extremas que se planteaban,
- una verificación de las medidas preventivas y mitigativas elegidas siguiendo la filosofía de “defensa en profundidad”: sucesos iniciadores, pérdidas consecuentes de funciones de seguridad y gestión de accidente severos.

Para ello se asumía, bajo un enfoque determinista, la pérdida secuencial de las líneas de defensa existentes independientemente de su probabilidad (fallo de las barreras y pérdida de las medidas previstas para gestionar esas situaciones), analizando la respuesta de la planta y la efectividad de las medidas preventivas, e identificando debilidades potenciales y “situaciones límite”.

El objetivo final del análisis era evaluar la robustez de la filosofía de defensa en profundidad y la idoneidad de las medidas de gestión de accidentes, así como identificar las potencialidades para implantar mejoras de seguridad, tanto técnicas como organizativas, tales como procedimientos, recursos humanos, organización de respuesta en emergencias o uso de recursos externos.

Según explicado antes, los requisitos emitidos por el CSN a las centrales nucleares en operación (incluyendo lo requerido a CN Santa María de Garoña, SMG, en 2013 una vez determinado su cese definitivo) a lo largo del proceso figuran en los seis conjuntos siguientes de Instrucciones Técnicas Complementarias (ITC):

- ❖ ITC-1 (26/05/11): se requiere realizar la “pruebas de resistencia”
- ❖ ITC-2 (01/07/11): se requiere evaluar la “pérdida de grandes áreas”
- ❖ ITC-3 (15/03/12): requisitos del CSN derivados de las conclusiones de las “pruebas de resistencia”
- ❖ ITC-4 (27/07/12): requisitos del CSN derivados de las conclusiones de los análisis de “pérdida de grandes áreas”
- ❖ ITC-5 a SMG (12/07/13): adaptación de las ITC anteriores a la situación de cese definitivo de SMG
- ❖ ITC adaptada (09/04/14): recopilación de aspectos pendientes

Los hitos y resultados principales de las acciones post Fukushima acometidas en las centrales nucleares españolas como resultado de estos requisitos se describen a continuación.

### **1. Pruebas de resistencia de CCNN en España:**

Los análisis realizados en relación a cada uno de los tres aspectos que se pedía analizar en las “ITC-1” remitidas por el CSN las centrales nucleares españolas (solicitando las pruebas de resistencia), dieron lugar a la implantación de una serie de mejoras, de las que se pueden destacar como más relevantes las que figuran en los párrafos siguientes.

- **Fenómenos naturales extremos**, más allá de las bases de diseño actuales (terremotos, inundaciones (incluyendo resistencia a la rotura de presas aguas arriba de las plantas), y otros fenómenos como nieves, temperaturas extremas o vientos).

Se identificaron e implantaron mejoras como:

- Definición de nuevo margen sísmico
- Remisión de una nueva instrucción técnica complementaria, ITC-sísmica, solicitando la revisión de la caracterización sísmica de los emplazamientos con una nueva metodología
- Análisis de la resistencia sísmica de presas aguas arriba de las plantas y análisis determinista de las consecuencias del fallo de una presa.

- **Pérdida de funciones básicas de seguridad:** pérdida de alimentación eléctrica de corriente alterna (SBO) y de sumidero de calor (UHS).

Se identificaron e implantaron mejoras como:

- Disponibilidad de equipos móviles (bombas, generadores eléctricos, instrumentación...) y mejoras en comunicaciones y sistemas de iluminación.

- Guías de gestión de daño extenso
  - Procedimiento de desconexión de cargas de corriente continua
  - Alimentación “dedicada” de centrales hidroeléctricas cercanas
  - Disponibilidad de alimentaciones eléctricas y conexiones de tuberías para alimentar al reactor, generadores de vapor, contención y piscina de combustible gastado
  - Capacidad apertura manual de válvulas de alivio (del reactor o generadores de vapor)
- **Capacidad de gestión de accidentes severos y de mitigación de daño al combustible**, tanto en el reactor como en las piscinas de combustible gastado.

Se identificaron e implantaron mejoras como:

- Planificación de la gestión de accidentes severos
  - Nuevo Centro Alternativo de Gestión de Emergencias (CAGE), ubicado en cada emplazamiento
  - Nuevo Centro Apoyo de Emergencias (CAE), ubicado en Tecnatom, con equipos y personal especializado
  - Mejoras para acceso al emplazamiento en caso de eventos extremos
  - Refuerzo de la organización de respuesta a emergencias
- Capacidades de gestión de accidentes severos
  - Venteo filtrado de contención
  - Incorporación de recombinadores de hidrógeno autocatalíticos pasivos
  - Análisis de calidad del agua
  - Disponibilidad e instrumentación funcional en caso de pérdida de alimentación eléctrica de corriente alterna o accidente severo. Disponibilidad de instrumentación en las piscinas de combustible gastado
- Aspectos de protección radiológica
  - Habitabilidad de sala de Control en caso de pérdida de alimentación eléctrica de corriente alterna (SBO) prolongada.
  - Red *online* de vigilancia de la radiación en el emplazamiento.
  - Procedimientos y guías para proteger (desde el punto de vista de protección radiológica) a los operadores de campo.
  - Nuevos límites de dosis admisibles en caso de accidentes.

## **2. Protección frente a pérdida de grandes áreas:**

Las ITCs del CSN relativas a protección frente a pérdida de grandes áreas requirieron análisis relativos a los tres aspectos que se resumen a continuación, que implicaron mejoras subsiguientes, y que se solicitó fueran coordinadas con la implantación de mejoras derivadas de las pruebas de resistencia.

- Protección contra incendios (mucho) más allá de las bases de diseño de la central: incorporación de nuevos equipos y agentes, y refuerzo de las brigadas de protección contra incendios.
- Estrategias para tratar de mantener o 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.

## **3. Otras mejoras asociadas o derivadas de este proceso**

Adicionalmente, de los procesos de análisis derivados de todos los requisitos emitidos por el CSN se han derivado otras mejoras, como las siguientes:

- Emisión de la Instrucción IS-36 (sobre procedimientos de operación de emergencia y gestión de accidentes severos).
- Mejoras en el alcance de las Guías de Gestión de Accidentes Severos, GGAS, para incluir accidentes que se inician con la central en parada: aún en curso.
- Creación de los Manuales de Requisitos de Funcionalidad de componentes post Fukushima de las centrales.
- Nuevo Capítulo del Estudio final de seguridad (EFS) sobre “extensión del diseño” (para incluir los elementos más allá de las bases de diseño originales de las plantas).

## **ii. Otras instalaciones nucleares**

### **CN José Cabrera (central nuclear en desmantelamiento):**

- Requisitos emitidos por el CSN: de acuerdo con el alcance propuesto a nivel europeo, el CSN envió al titular de la central nuclear José Cabrera (en proceso de desmantelamiento y que disponía en su emplazamiento de un almacenamiento temporal de combustible gastado, ATI) instrucciones técnicas complementarias similares a las remitidas a las centrales nucleares en operación, adaptadas a las especificidades y riesgos de instalación:
  - ITC-1: Pruebas de resistencia (22/06/11)
  - ITC-2: Pérdida de grandes áreas y fallo contenedores (15/06/12)

- Los resultados y mejoras principales obtenidos de los análisis realizados como respuesta a estas instrucciones se refieren a los siguientes aspectos:
  - Revisar la capacidad de resistencia sísmica del almacenamiento temporal (ATI) y del contenedor de combustible gastado para situaciones más allá de las bases de diseño.
  - Definición de medidas contra inundaciones extremas.

### **Fábrica de combustible de Juzbado**

- Requisitos emitidos por el CSN: si bien las pruebas europeas no incluían dentro de su alcance las fábricas combustible nuclear, el CSN decidió remitir al titular de la Fábrica de Juzbado sendas instrucciones, solicitando análisis análogos a las pruebas de resistencia y a pérdida de grandes áreas, adaptados al diseño y riesgos de esta instalación
  - ITC-1: Pruebas de resistencia (4/07/11)
  - ITC-2: Análisis complementarios y mejoras a implantar (12/07/12)
- Los resultados y mejoras principales obtenidos de los análisis realizados para esta instalación estuvieron relacionados con:
  - Nuevo tanque de protección contra incendios de diseño sísmico.
  - Refuerzos sísmicos en diversos elementos de la instalación.
  - Nuevo trazado del suministro de hidrógeno.

### c. Revisiones europeas inter pares asociadas a las pruebas de resistencia

El segundo de los objetivos propuestos por el Consejo Europeo, relativo a la transparencia del proceso, se materializó a través de revisiones *inter pares* (o *peer reviews*) de los informes de cada país a escala de la Unión Europea, y *workshops* o talleres para tratar los resultados.

El proceso de revisiones técnicas *inter pares* (*Peer Review*) se inició en 2012 una vez completada, a finales de 2011, la primera tarea del plan (de análisis de los escenarios planteados en las pruebas de resistencia), con la participación de especialistas europeos de todos los países participantes.

El proceso de revisión se desarrolló en cuatro fases sucesivas:

- Análisis previo documental
- Revisión temática (llevada a cabo en Luxemburgo en febrero de 2012),
- Visitas de revisión a los diferentes países (realizadas en marzo y abril de 2012)

- Revisión de “verificación factual” a un grupo seleccionado de países, llevada a cabo en septiembre de 2012, cuyo objetivo era comprobar la coherencia de las acciones ya iniciadas por los diferentes países.

En el conjunto de las dos últimas fases, los equipos de revisión visitaron todos los países participantes y un número total de 24 centrales, incluidos todos los diferentes diseños actualmente existentes en Europa.

En el caso de España, el equipo de revisión visitó las centrales nucleares Almaraz y Trillo.

En 2013 y 2014 se llevaron a cabo nuevos procesos de revisión *inter pares*, que concluyeron con un workshop en Bruselas para analizar conjuntamente el grado cumplimiento de los compromisos establecidos por parte los países miembros: como conclusiones en ambas reuniones se valoraron positivamente los avances realizados en todos los países participantes.

Toda la información relativa a este proceso de revisiones *inter pares*, así como los informes resultantes, se puede encontrar a través de la página de ENSREG:

<http://www.ensreg.eu/EU-Stress-Tests/Follow-up>

### 3. Conclusiones

Las consecuencias del accidente de Fukushima no se limitaron a las de carácter físico, en el emplazamiento y fuera del mismo, como resultado de la fusión de los núcleos de tres de los seis reactores de la instalación, y las explosiones de hidrógeno en tres de los edificios del reactor, provocando además de todo ello un replanteamiento de la energía nuclear y su regulación a nivel mundial.

En el caso de Japón, se llevó a cabo una revisión del contexto regulador nuclear del país y la forma de supervisión de las instalaciones, creando la *Nuclear Regulation Authority* (NRA), como única agencia responsable de la supervisión de las instalaciones nucleares, con independencia organizativa, cultural, financiera y política, y que reúne las funciones relativas a la regulación nuclear que previamente se repartían entre diversas instancias de la administración del país.

Asimismo, se ordenó la parada indefinida de todas las centrales nucleares en operación en el momento del accidente, imponiendo como condición para la vuelta a operación de las mismas la realización de nuevos análisis de su seguridad y la implantación de mejoras relevantes en su seguridad nuclear y preparación para emergencias que debían recibir previamente la aprobación de la NRA.

En Europa, el Consejo Europeo aprobó en 2011 un plan para someter a todas las centrales nucleares europeas a un conjunto homogéneo de “pruebas de resistencia”, definidas previamente en el documento elaborado por WENRA y ENSREG. Las pruebas de resistencia o stress test suponen una reevaluación de los márgenes de seguridad de

las plantas nucleares, a la luz de los eventos sucedidos en Fukushima, esto es, teniendo en cuenta fenómenos naturales extremos que puedan poner en peligro las funciones de seguridad de las plantas y que puedan llevar a una situación de accidente severo.

Para responder a ello, el Consejo de Seguridad Nuclear (CSN), emitió una primera serie de Instrucciones Técnicas Complementarias, ITC (conocidas como ITC-1) para requerir a las compañías propietarias de las centrales nucleares españolas la realización de un programa de revisión de su seguridad, siguiendo la estructura y criterios de las pruebas de resistencia definidas por ENSREG/WENRA. Posteriormente y de forma complementaria con ello, el CSN requirió a las centrales nucleares la realización de un análisis para identificar las medidas adicionales necesarias para mitigar las consecuencias de incendios o explosiones de origen humano (voluntario o involuntario) que pudieran suponer la pérdida de grandes áreas de la central.

Asimismo se requirieron análisis análogos, y adaptados a sus respectivos diseños, a otras instalaciones nucleares, como la central nuclear en desmantelamiento José Cabrera y la Fábrica de Combustible Nuclear de Juzbado. En el caso de la central Santa María de Garoña, una vez confirmado su cese definitivo, se procedió a llevar a cabo una adaptación de lo requerido previamente, teniendo en cuenta la nueva situación operativa de la central.

Algunos de los resultados más significativos derivados de los análisis han sido la definición de nuevos márgenes sísmicos, la disponibilidad de equipos móviles y medios alternativos, el desarrollo de guías para la gestión de sucesos más allá de las bases de diseño, la implantación de medios para la gestión de accidentes severos o mejoras en la planificación de la gestión de accidentes severos, mediante centros alternativos de gestión de emergencias en el emplazamiento, y un centro de apoyo de emergencias conjunto (con disponibilidad de equipos y personal a disposición de cualquier instalación que lo requiera).

España respondió a lo solicitado por las instancias europeas de acuerdo a los plazos y en las condiciones previstas (mediante un informe del CSN que analizaba y valoraba los resultados de los análisis presentados por los titulares). Los resultados de los análisis de todos los países participantes en las pruebas de resistencia fueron valorados a través del proceso de *revisión inter pares* prevista en la definición de las pruebas de resistencia, que proporcionaba publicidad y transparencia a todo el proceso.

Finalmente es necesario mencionar una consecuencia de los análisis del accidente de Fukushima sobre los organismos reguladores a nivel mundial, fomentada y apoyada por entidades internacionales como el OIEA o la NEA/OCDE, relativa a la necesidad de considerar su propia cultura de seguridad, y no sólo la de las instalaciones que supervisa, evaluándola y poniendo en marcha mecanismos de mejora que contribuyan, en definitiva, a mejorar su papel como supervisor independiente.

Se pasa de poner el foco en las instalaciones y el impacto en la seguridad de su cultura, a abrir este foco para tener en cuenta que las instalaciones forman parte de un sistema

interconectado con impacto en la seguridad. Este sistema incluye a los organismos reguladores (así como también al gobierno y la sociedad en la que se inscriben), debiendo todos los actores entender el valor de la seguridad y cómo su actuación impacta en ella; para actuar (cada uno desde su rol y con su independencia) de modo que esta se mantenga, promueva y mejore.

En el caso español, el CSN está llevando a cabo una evaluación de su cultura de seguridad externa independiente, con la misma metodología y el mismo equipo evaluador que realiza estos análisis en las instalaciones nucleares españolas, e incluyendo en la encuesta aspectos específicos relativos a la cultura de los organismos reguladores, en línea con lo propuesto por el OIEA.