

EL RETORNO DE LAS CENTRALES NUCLEARES EN JAPÓN

Por su interés, reproducimos en estas páginas el artículo publicado por el presidente de la SNE en el número 46 de los *Cuadernos de Energía*, correspondiente al mes de octubre de 2015, en el que se describe lo ocurrido desde que, el 11 de marzo de 2011 se produjera el mayor terremoto de la historia de Japón y el *tsunami* que afectó a las centrales de Fukushima y las medidas puestas en marcha desde entonces, y cómo se están reactivando algunas de las centrales nucleares del país.

INTRODUCCIÓN

Para comprender el escenario ocurrido en Japón el 11 de marzo de 2011 es necesario hacer un breve resumen de lo que fue, sin duda, una de las mayores catástrofes naturales de la historia más reciente. Ese día, en la costa este de la isla, se produjo el mayor terremoto de su historia (nivel 9 de la escala Richter), acompañado a los 45 minutos de un enorme *tsunami* que provocó olas de entre 15 y 40 metros de altura. Este fenómeno natural asoló la región costera de Tohoku al este de Japón y devastó la costa provocando decenas de miles de fallecidos y desaparecidos y la total destrucción de infraestructuras, fábricas, edificios, etc. En esta zona se encuentran grandes poblaciones y también están ubicadas las centrales nucleares de Fukushima Daiichi de la empresa eléctrica Tepco.

El enorme terremoto, a pesar de su intensidad, no comprometió gravemente la seguridad de las centrales de Fukushima, cuyos reactores pararon inmediatamente. No sucedió lo mismo con el *tsunami* ya que éste superó las barreras de protección preparadas para este fin, inundando el interior de las instalaciones, inutilizando todos los equipos eléctricos e impidiendo la refrigeración de los reactores y de las piscinas de almacenamiento del combustible usado.

La consecuencia directa de la pérdida total de electricidad en la central impidió la refrigeración de los reactores nucleares por lo que, a las pocas horas, comenzó a subir la temperatura del combustible. Unas horas después, el combustible que se encontraba en el interior de las vasijas alcanzó la temperatura de fusión (más de 1800°C)



JOSÉ RAMÓN TORRALBO

Presidente
de la Sociedad Nuclear Española

NUCLEAR POWER PLANTS MAKING A COMEBACK IN JAPAN

We reproduce in this magazine the interesting article published by the president of the SNE in issue 46 of *Cuadernos de Energía* in October 2015, which describes the events that have taken place since the March 11, 2011 earthquake in Japan, the largest in its history, and the subsequent tsunami, which affected the Fukushima power plant, as well as the measures implemented since then and how some of this country's nuclear power plants are being started up again.

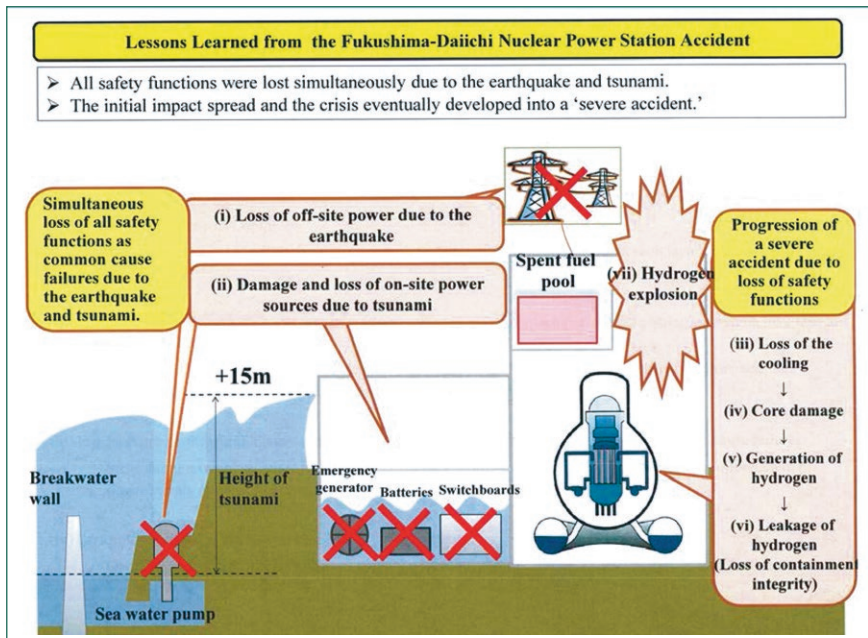


Figura 1. Cortesía de Tepco.

con el consiguiente daño al núcleo de los reactores. Durante este proceso se generaron grandes cantidades de H_2 que, posteriormente, ocasionaron fuertes explosiones, destruyendo las barreras de contención, lo que produjo la liberación de isótopos radiactivos a la atmósfera (según se describe en la Figura 1). El accidente fue clasificado como nivel 7 en la escala internacional INES de sucesos nucleares.

Figura 2. Cortesía de The Federation of Electric Power Companies of Japan.

CONSECUENCIAS RADIOLÓGICAS

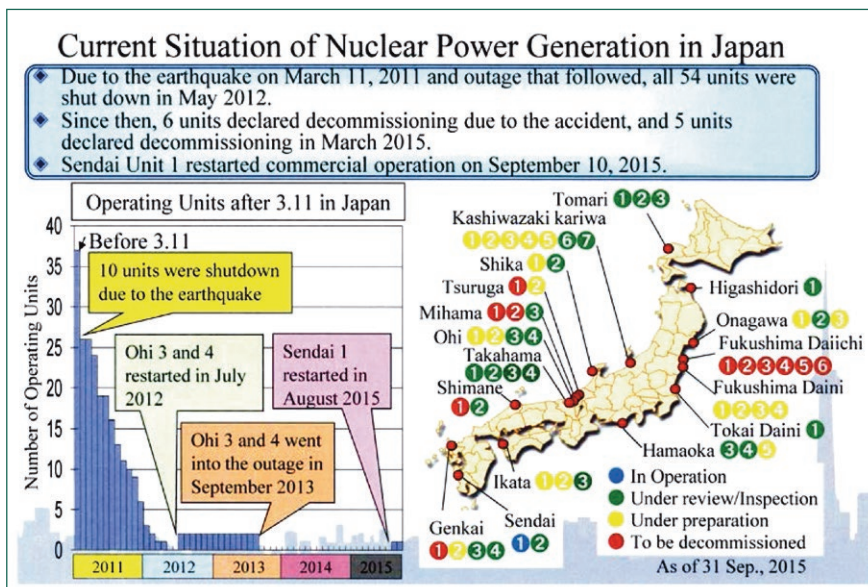
Probablemente, el **área radiológica** sea la más importante en todo lo

acontecido en Fukushima. Hay que decir que, gracias a una actuación responsable y correcta, las consecuencias radiológicas a los ciudadanos se vieron minimizadas debido a la rápida evacuación de la población y a la aplicación de las medidas de protección. Durante esta fase, fueron evacuados unas 118.000 personas que se encontraban en la zona de exclusión (radio 20 km) y otras 164.000 que se encontraban en los puntos de máxima deposición de la pluma radiactiva.

Según las estimaciones del Comité Científico de Naciones Unidas sobre los efectos de las radiaciones (UNSCEAR 2013), los niveles de dosis efectivas fueron inferiores a 10 mSv para adultos, y unos 13 mSv para niños, y se espera, que no tengan efecto sobre la salud.

Desde que se produjo el accidente, las labores de descontaminación y de recuperación han permitido ir desclasificando de forma paulatina algunas zonas de manera que la población ha comenzado a retornar a sus respectivas poblaciones.

Cabe destacar que durante el transcurso de la evacuación, unos 60 ancianos fallecieron al tener su salud delicada como consecuencia del daño físico del terremoto. También, y según las autoridades municipales, unas 2.000 personas fallecieron por trastornos depresivos y ansiedad debida a la situación, que dieron lugar a una elevada tasa de suicidios. Para hacer frente a esta grave situación se creó el fondo económico *Non Deliverable Forward* (NDF) que garantiza el cumplimiento de las compensaciones y acciones paliativas.



EL PARÓN NUCLEAR

Hasta el día del terremoto, los ciudadanos y la industria japonesa consumían normalmente el 100% de la electricidad según el siguiente mix energético:

- 25 % carbón
- 29 % gas
- 7 % fuel
- 8 % hidráulica
- 1 % renovable
- 30 % nuclear (37 centrales funcionando, de las 54).

Los seis grupos nucleares ubicados en Fukushima Daiichi sufrieron grandes desperfectos en sus instalaciones como consecuencia del tsunami y quedaron inoperables pasando a una situación de desmantelamiento definitivo.

El resto de centrales, es decir, los otros 31 que operaban con normalidad en esa fecha fueron parando secuencialmente según un programa establecido de manera que, en mayo de 2012, las 54 centrales nucleares japonesas estaban paradas. Todas ellas tenían que ser sometidas a una fuerte revisión de seguridad y diseño, con nuevos criterios más rigurosos, para verificar si estaban preparadas para afrontar este tipo de grandes fenómenos adversos.

En marzo de 2015, otras cinco plantas fueron también declaradas inoperables y pasaron a situación de desmantelamiento (Figura 2).

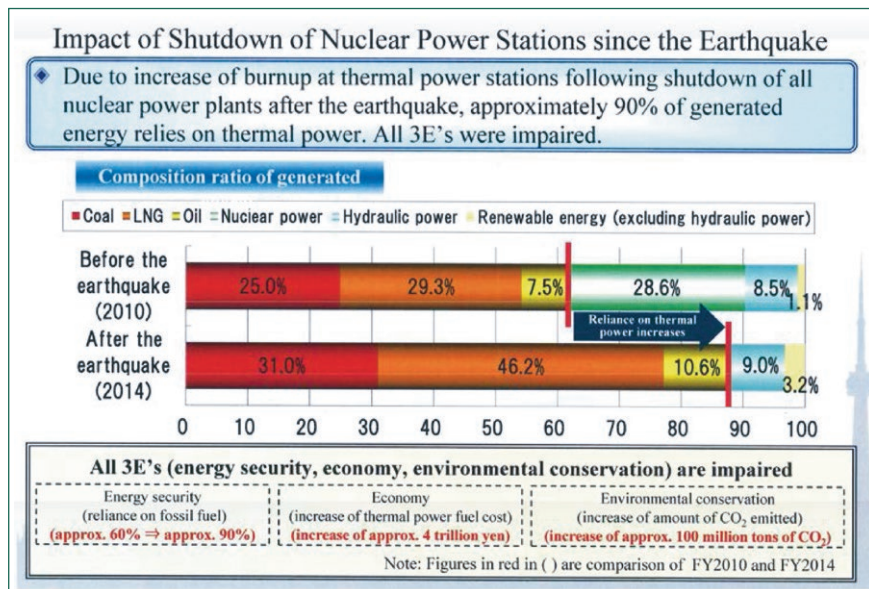
En este complejo y caótico escenario, agravado por los problemas de infraestructuras (caída de torres de alta tensión, carreteras, puentes, etc.), el gobierno japonés se vio obligado a sustituir de forma programada el 30% de producción nuclear por el resto de las energías disponibles, que se vieron aumentadas hasta alcanzar el siguiente mix energético (Figura 3);

- 31 % carbón (+6)
- 46 % gas (+17)
- 11 % fuel (+4)
- 9 % hidráulica (+1)
- 3 % renovable (+2)

AUMENTO DE LOS COSTES ENERGÉTICOS

Durante 2011 y principios del 2012, se produjeron apagones eléctricos hasta que fue recuperándose la normalidad de las infraestructuras (líneas de transporte, centros de transformación y distribución). La población se vio directamente afectada y, muchas empresas, algunas de ellas internacionales de gran importancia para la economía del país, se vieron obligadas a reducir su producción y otras a parar totalmente. Esta situación ocasionó enormes pérdidas económicas de compleja cuantificación.

Hasta finales de 2014, en este escenario energético se incrementó la dependencia fósil (carbón y gas), pasando del 60% al 90%, aumentando los costes y generando un importante desequilibrio en la balanza comercial que supuso unos **7 mil millones de euros mensuales**, lo que llevó a la devaluación del yen y al aumento de los costes de combustible. El **incremento de las importaciones**



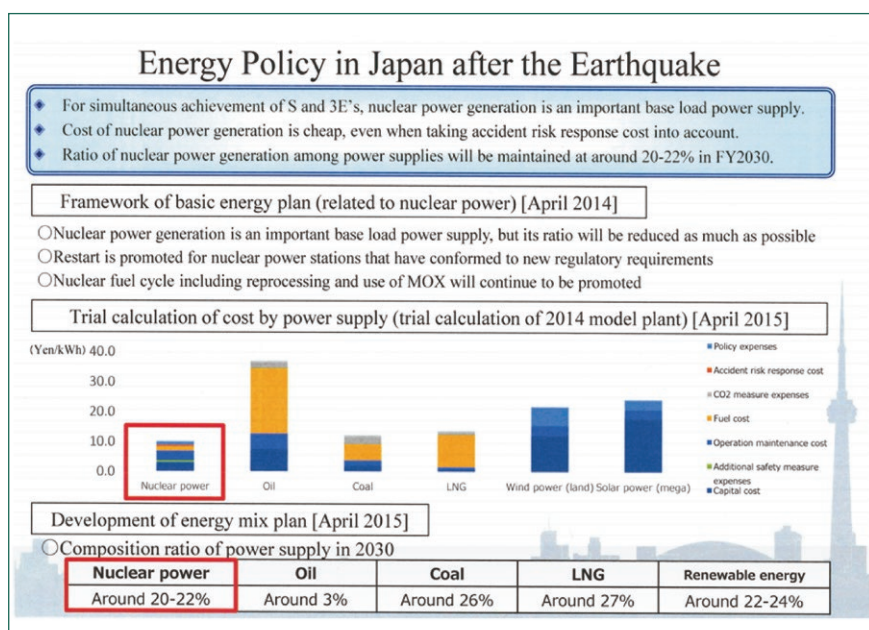
de combustible supone actualmente unos 30 mil millones de euros anuales.

La consecuencia directa para los ciudadanos japoneses en la factura eléctrica fue una subida del 25% para la tarifa doméstica y del 40% para la industria.

El parón nuclear afectó también directamente a la economía en los entornos de las centrales nucleares debido a la pérdida directa de ingresos, impuestos, puestos de trabajo, etc.

Figura 3. Cortesía de The Federation of Electric Power Companies of Japan.

Figura 4. Cortesía de The Federation of Electric Power Companies of Japan.



Por otra parte, al poner en marcha centrales con combustible fósil, la emisión de CO₂ a la atmósfera **aumentó en unos 100 millones de toneladas anuales**, lo que provocó un importante deterioro medioambiental en algunas zonas del país. Esta situación también ha comprometido los compromisos internacionales de reducción de CO₂ en la lucha contra el cambio climático.

Para hacer frente a esta situación, el gobierno japonés considera necesaria la reactivación, lo antes posible, del programa de arranque de las centrales nucleares que, junto a las energías renovables que serán potenciadas, conseguirán reducir las emisiones de CO₂ (Figura 4).

CAMBIOS ADOPTADOS POR LA AGENCIA REGULADORA JAPONESA

Una de las principales medidas pos-Fukushima adoptadas en Japón para mejorar la gestión de la seguridad nuclear y la legislación asociada ha sido la creación de un nuevo organismo regulador: la Autoridad de Regulación Nuclear (NRA). Tras su constitución el 19 de septiembre de 2012, la NRA lleva a cabo una revisión completa de la normativa de seguridad y los requisitos reglamentarios, con el objetivo de formular un conjunto de nueva normativa para proteger a las personas y el medio ambiente. El 8 de julio de 2013 entraron en vigor los nuevos requisitos para reactores comerciales. Basados en el concepto de "defensa en profundidad", se confiere una importancia fundamental a la tercera y cuarta capas de defensa y a la prevención de la pérdida simultánea de todas las funciones de seguridad por causa común. En este sentido, se han

reevaluado los supuestos anteriores sobre impacto de terremotos, tsunamis y otros sucesos externos como erupciones volcánicas, tornados e incendios forestales, y se han impuesto nuevas medidas para garantizar la seguridad nuclear en caso de ocurrencia de estos sucesos. También se requiere reforzar las medidas contra incendios e inundaciones internas y mejorar la fiabilidad de las fuentes de suministro de energía dentro y fuera del emplazamiento para hacer frente a la posibilidad de pérdida total de electricidad de la planta.

Además de las medidas anteriores, que han sido recogidas en las bases de diseño, se han requerido también mejoras de las medidas para respuesta ante accidentes severos con daño al núcleo, daño de la contención y difusión de materiales radiactivos, inyección de agua a las piscinas de combustible gastado, medidas contra impacto aéreo malicioso y la construcción un edificio de respuesta a la emergencia.

Los nuevos requisitos reglamentarios se han desarrollado teniendo en cuenta los informes oficiales elaborados sobre el accidente de la central de Fukushima Daiichi (Comisión de Investigación del Accidente Nuclear, Comité Gubernamental de Investigación del Accidente Nuclear y Comisión Independiente de Investigación sobre el Accidente Nuclear), considerando las duras condiciones naturales únicas de Japón, y en línea con las normas de seguridad y directrices de la Organización Internacional de Energía Atómica (OIEA).

La nueva regulación se aplica a las centrales nucleares existentes, concediéndose un plazo de cinco años para algunas medidas de seguridad, como el venteo filtrado para reactores de agua a presión

(PWR) y las salas de control para la emergencia.

Hay que decir que la NRA ha tenido que abordar el desarrollo de los nuevos requisitos regulatorios conviviendo con la grave situación de la central de Fukushima y con estrictas limitaciones de tiempo. Está prevista su revisión continua a la luz de los avances tecnológicos en un esfuerzo constante por mejorar la seguridad nuclear. Aunque la restauración de la confianza en las normas de seguridad nuclear en Japón tras el accidente en la central de Fukushima será extremadamente difícil, la "cultura de la seguridad" según la cual la seguridad es prioritaria sobre cualquier otro aspecto se fomenta entre los operadores, otros sectores de la industria y el propio organismo regulador. La NRA espera que los nuevos requisitos regulatorios constituirán la base para reforzar la "cultura de seguridad" en Japón.

LECCIONES APRENDIDAS EN FUKUSHIMA

El informe, *Necesidades para mejorar la energía nuclear* de la Política de División Nuclear Japonesa, clasifica en cuatro grandes áreas las reformas necesarias que deben estar implantadas y aprobadas antes de solicitar el arranque de las centrales. Dicho informe contempla los siguientes aspectos;

1. Lecciones aprendidas en Fukushima.
2. Importancia de la reforma de la seguridad nuclear.
3. Programa para la implantación de las reformas necesarias de seguridad.

Probablemente el capítulo de lecciones aprendidas en Fukushima sea uno de los más importantes a la hora





de analizar las graves consecuencias causadas por el tsunami en las plantas nucleares. Las conclusiones más relevantes son;

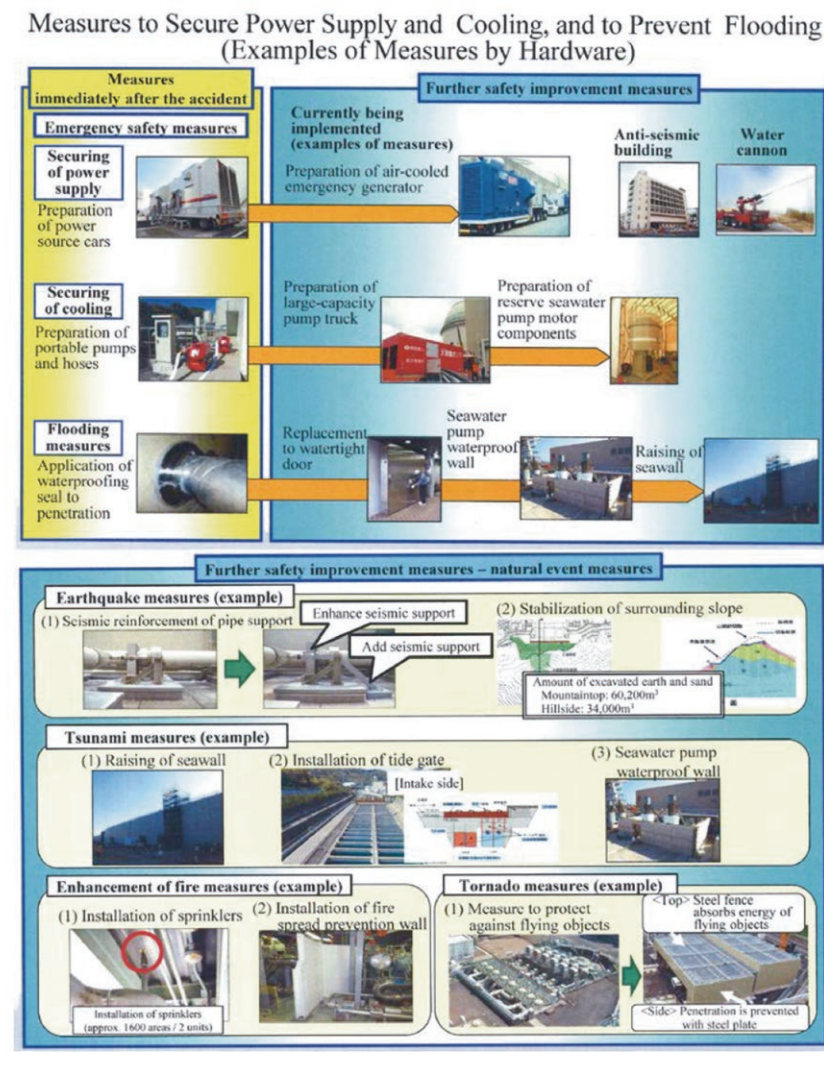
- La protección contra el tsunami era insuficiente y muy vulnerable.
- En los análisis de seguridad no se había contemplado la pérdida total de electricidad durante largo tiempo, ni la disponibilidad de equipos externos de apoyo (bombas de alta presión, generadores eléctricos, etc.) de gran capacidad para enfriar el combustible en el reactor y en la piscina.
- Aunque estaba contemplado el escenario de posible daño al núcleo, no se había previsto las consecuencias de la liberación de grandes cantidades de H_2 fuera de la contención primaria.
- Ante la pérdida total de energía eléctrica y la imposibilidad de recuperación a corto plazo de la misma, no se había previsto la pérdida de todos los parámetros de control de la instalación, incluyendo las comunicaciones.
- Otro aspecto contemplado es reformar las organizaciones para dar respuesta a posibles emergencias, introduciendo el concepto de "Control de Accidentes", que ha sido utilizado en los organismos de emergencia de Estados Unidos. Establecimiento límites de supervisión (Max 3-7 personas), con una estructura flexible para controlar el posible accidente.

REQUISITOS COMUNICADOS A LA OIEA PARA VOLVER A ARRANCAR LAS CENTRALES NUCLEARES JAPONESES

El organismo regulador japonés (NRA) informó a la OIEA de las reformas que consideraba necesario estuvieran concluidas antes del arranque de las centrales. Cada categoría iba dirigido a reforzar los siguientes aspectos:

Categoría 1

- Mejorar las medidas contra terremotos y tsunamis.
- Asegurar y mantener las fuentes de alimentación eléctricas.
- Asegurar de manera fiable los sistemas de refrigeración y la instrumentación necesaria para vigilar y controlar el nivel y la presión de las vasijas y de las piscinas de combustible usado.



Categoría 2

- Prever y mejorar los sistemas para evitar las explosiones de hidrógeno en el interior de las contenciones.
- Mejorar el venteo de la contención.
- Mejorar la organización para dar respuesta a posibles accidentes.

Categoría 3

- Reforzar los equipos y procedimientos para el muestreo ambiental
- Mejorar los procedimientos de comunicación entre la central, instituciones locales y Organismos Oficiales.
- Reformar los procedimientos de evaluación de las emisiones y de los impactos radiológicos en las zonas.

Categoría 4

- Mejorar los procedimientos administrativos que aseguren la regulación de las normas, directrices y marcos jurídicos.
- Por otro lado, el Centro de Investigación de Riesgos Nucleares japonés

Figura 5. Cortesía de The Federation of Electric Power Companies of Japan.

ha agradecido a la World Association of Nuclear Operators (WANO) la colaboración internacional en la importante crisis nuclear. Así los operadores nucleares japoneses continuarán reforzando la colaboración, intercambiando información y experiencias y desarrollando las acciones necesarias para garantizar la seguridad de sus centrales nucleares.

MEDIDAS ADOPTADAS PARA REFORZAR LA SEGURIDAD DE LAS PLANTAS

El Organismo Regulador Nuclear de Japón solicitó a las plantas nucleares que reconsideraran los parámetros de seguridad, comprobando sus márgenes y límites para los que estaban diseñadas.



Los nuevos requisitos, establecidos con el objetivo de garantizar la refrigeración de los reactores y de las piscinas de almacenamiento de combustible usado en condiciones extremas, hicieron necesario el desarrollo de estudios, proyectos, modificaciones y nuevos equipamientos que están reforzando aún más las fuertes medidas de seguridad existentes en las instalaciones. Para dar cumplimiento a las mejoras en seguridad exigidas, se evaluó que las inversiones necesarias podrían alcanzar los **29.000 millones de euros**.

Entre las importantes medidas a adoptar se incluye la construcción de barreras más altas y resistentes frente a *tsunamis*, nuevos equipos capaces de paliar la pérdida total de energía eléctrica, mayor protección contra fuegos, inundaciones, tornados, etc. Son numerosas las reformas necesarias que se están implantando y que además condicionan la vuelta a la operación de las plantas nucleares japonesas. En las Figuras 5 y 6, se pueden observar algunos ejemplos;

PREVISIONES PARA LA AUTORIZACIÓN Y PUESTA EN MARCHA DE CENTRALES NUCLEARES

En cumplimiento con la nueva regulación impuesta por Organismo Regulador Nuclear japonés, las centrales que cumplan con los requisitos exigidos podrán solicitar su reapertura y no arrancarán hasta que todas las reformas estén incorporadas.

En estos momentos ya se han puesto **en marcha tres centrales y otras se encuentran en proceso de revisión** para volver de nuevo a la operación. La nueva regulación ha establecido ha establecido adicionalmente la posibilidad de extender el funcionamiento hasta los 60 años para aque-

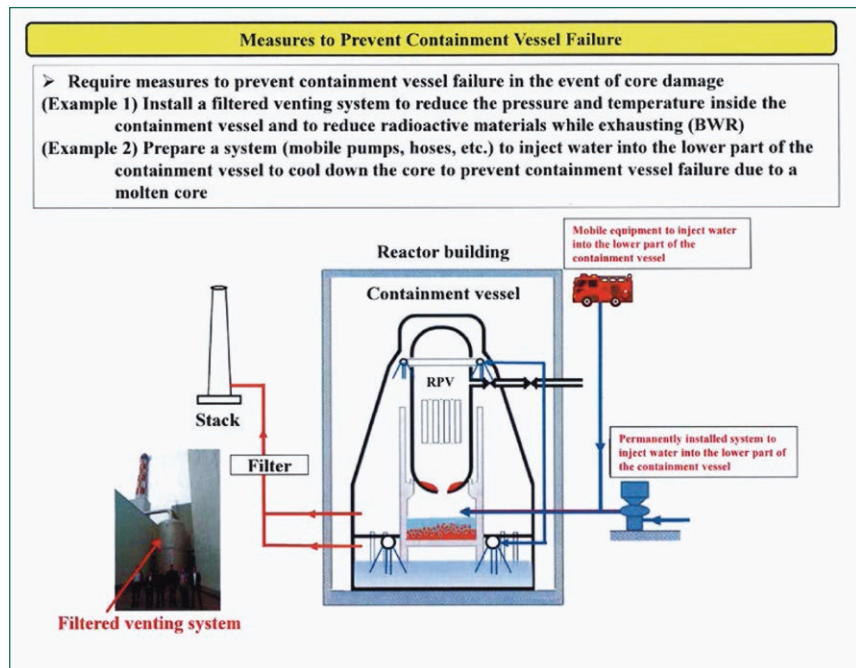


Figura 6. Cortesía de Tepco.

llas centrales que demuestren que sus equipos y componentes están cualificados para poder seguir funcionando en dicho periodo.

Aunque el programa prevé que, **antes de 2030, el 22% de la electricidad producida será con energía nuclear**, existe otro condicionante que actualmente está en discusión: la opinión pública. Los resultados de una reciente encuesta, expresan que el 60% de los japoneses no está de acuerdo en que se pongan en funcionamiento las centrales que se encuentran paradas. Aunque radiológicamente los efectos han sido poco significativos, se deben tener en cuenta las consecuencias sanitarias y morales que se sumaron al terremoto más fuerte en la historia de Japón. Es **muy importante y necesario restablecer, en los entornos de las centrales nucleares, la confianza que existía antes de Fukushima** y esto, a

día de hoy, es una tarea complicada, que sólo tendrá resultados con información veraz, proximidad a la población cercana y constatación de la nueva situación de las centrales. ■

NRA – Nuclear Regulation Authority: New Regulatory Requirements for NPP in Japan (July 2013).

TEPCO - To Improve Nuclear Safety - Our Approach (June 2014).

TEPCO - Safety Measures Taken at Kashiwasaki Kariwa NPP (2015).

EPRI - Japan Overview David Perkins (September 2015).