

*Jornada sobre los resultados de las pruebas de resistencia  
realizadas a las centrales nucleares españolas*

*25 de octubre de 2012*



**“Pruebas de resistencia en las CCNN  
Españolas ”**

*Antonio Munuera, Subdirector de Ingeniería  
Consejo de Seguridad Nuclear*

## Contenido de las pruebas de resistencia

- “Revisión complementaria y detallada de la seguridad de las centrales teniendo en cuenta los sucesos ocurridos en Fukushima”
- Tres áreas de revisión:
  1. Sucesos naturales extremos más allá de las bases de diseño actuales: terremotos, inundaciones, otros
  2. Pérdida de sistemas de seguridad: alimentación eléctrica de corriente alterna (LOOP/SBO) y sumidero de calor (UHS)
  3. Capacidad de gestión de accidentes severos y de mitigación de daño al combustible, tanto en el reactor como en las piscinas (SFP)
- Calendario muy exigente:
  - Informes de los titulares y de los organismos reguladores
    - Preliminares: 31/08/12 - 15/09/12
    - Finales: 31/10/12 - 31/12/12
  - Peer reviews: enero-abril de 2012

## Objetivo de las pruebas de resistencia

- Para cada una de las 3 áreas los análisis enfocados a:
  - Verificar la adecuación de las bases de diseño/licencia
  - Valorar los márgenes de seguridad por encima del diseño
  - Identificar posibles situaciones límite (*Cliff Edge*)
  - Identificar recursos humanos y materiales disponibles en las plantas
  - Proponer mejoras, de acuerdo con los resultados de los análisis
  
- Llevar a cabo un proceso de revisión sólido y consistente:
  - Los titulares realizan los análisis y evaluaciones previstos
  - El organismo regulador verifica el cumplimiento con las especificaciones aprobadas por ENSREG, valida los análisis realizados y las medidas de mejora propuestas (o, en su caso, requiere aspectos adicionales)
  - La revisión inter pares (*peer review*) verificó la homogeneidad del proceso en los diversos países

## Sucesos naturales extremos

### ➤ Alcance:

#### ▪ Terremotos:

- Bases de Diseño, márgenes sísmicos
- Efectos indirectos: rotura tuberías no sísmicas, incendios/explosiones
- Efectos en instalaciones industriales cercanas

#### ▪ Inundaciones:

- Estudio integridad estructural presas > SSE
- Inundaciones producidas por roturas de presas
- Escenarios creíbles de inundación (lluvias intensas, avenidas)

#### ▪ Otros sucesos:

- Vientos extremos, nieve, granizo, temperaturas extremas, etc.

## Sucesos naturales extremos

- Considerados en el diseño original de las centrales de acuerdo con la normativa aplicable (10CFR50 y 100 de USNRC y OIEA).
- Entre los sucesos externos analizados en cada emplazamiento, el de mayor impacto para la seguridad es la ocurrencia de un terremoto.
- En las Revisiones Periódicas de Seguridad, asociadas a la renovación de las autorizaciones de explotación, se analiza el impacto de posibles sucesos externos a la vista de la experiencia operativa desde la anterior autorización.
- Se dedica especial atención al análisis probabilista de sucesos externos más allá de la base de diseño original, para detectar vulnerabilidades y mejorar la seguridad teniendo en cuenta coste/beneficio.

## Sucesos naturales extremos

- En el caso de terremotos, a finales de los 90 se abordó un estudio específico de peligrosidad sísmica y de estimación de márgenes sísmicos en cada planta.
- El estudio se realizó de forma conjunta por todos los propietarios de las centrales españolas, aplicado datos comunes y siguiendo una misma metodología (USNRC y EPRI).
- Los resultados de ese estudio permiten identificar la baja probabilidad de fallo (HCLPF) de cada planta y comparar los márgenes sísmicos entre todas ellas.
- En la tabla siguiente se indican los resultados globales.

## Sismos: Bases de diseño y márgenes

Bases de diseño y márgenes existentes antes de los stress tests:

Instalación	Base de Diseño (terremoto SSE)	Margen Sísmico (*)	Base de operación (terremoto OBE)
C.N. Santa María de GAROÑA	0,10 g	0,17 g	0,05 g
C.N. ALMARAZ I y II	0,10 g	0,20 g	0,05 g
C.N. ASCÓ I y II	0,13 g	0,16 g	0,07 g
C.N. COFRENTES	0,17 g	0,28 g	0,085 g
C.N. VANDELLÓS II	0,20 g	> 0,30 g	0,10 g
C.N. TRILLO	0,12 g	0,24 g	0,06 g

(\*) Equipos de parada segura

## Inundaciones

- Los sucesos más críticos son los derivados de roturas de presas.
- Análisis de integridad estructural por encima de los sismos base de diseño.
- Determinación de márgenes sísmicos.
- Análisis de escenarios adicionales de roturas demuestran margen frente a inundaciones.
- Necesidad de profundizar en los mecanismos de rotura y conciliación con los planes de emergencia de rotura de presas.

## Inundaciones. Márgenes.

**Verificación del cumplimiento de las bases de diseño** con datos actualizados. Se consideran avenidas, determinados mecanismos de rotura de presas y precipitaciones intensas teniendo en cuenta capacidad drenajes. No se considera creíble un tsunami en las plantas españolas.

Instalación	Cota de explanación (m)	Cota de inundación (m)	Escenario
C.N. Santa María de GAROÑA	518,1 explanación 516,50 estructura de toma	516,01	Avenida de origen hidro-meteorológico
C.N. ALMARAZ I y II	257,500	257,310	Lluvias intensas
C.N. ASCÓ I y II	50,00	45,13	Avenida con rotura aliviaderos de presas
C.N. COFRENTES	372,00	367,41	Lluvias intensas más rotura presa
C.N. VANDELLÓS II	99,85	77,70	Avenidas por barrancos
C.N. TRILLO	832,00	No se consideran	Cota del río Tajo 721

## Sucesos naturales extremos: Resultados

- Bases de diseño actuales consideradas apropiadas
- Se ha verificado la existencia de márgenes de seguridad
- BD originales: SSE-PGA [0,1-0,2 g]. Margen sísmico (0,3 g). Alcance:
  - Dos “camino de éxito” para alcanzar la “parada segura”
  - Integridad de contención (incluyendo dispositivos de aislamiento)
  - Integridad de la Piscina de Combustible, SFP, (incluyendo los *racks*) y
  - Conjunto seleccionado de equipos para SBO y gestión de Accs. Severos
- El CSN va a requerir la revisión de la caracterización sísmica de los emplazamientos de acuerdo con las metodologías más actualizadas (OIEA)
- Se ha analizado la resistencia sísmica de presas aguas arriba de la plantas
  - El CSN ha contado con la colaboración del CEDEX
  - Resistencia al DBE e identificación de márgenes
  - Consecuencias de posible inundación. Plan de emergencia de presas
- Análisis de efectos indirectos de terremotos (incendios, inundaciones)

## Pérdida de sistemas de seguridad

### ➤ Alcance:

- Análisis de la pérdida sucesiva de las diversas fuentes de energía eléctrica (exterior e interior SBO), hasta el agotamiento de baterías de C.C.
- Análisis de la pérdida de sumidero de calor.
- Identificación de las secuencias y de las acciones a adoptar
- Tiempos disponibles antes de alcanzarse situaciones críticas (*cliff edge*)

## Pérdida de sistemas de seguridad

### ➤ Resultados:

- SBO: Capacidad actual de mantener parada segura entre 4 y 8 h  
Medidas para extender la autonomía hasta 24 h sin apoyo externo  
Hasta 72 h con aportación de equipo ligero desde el exterior
- Mejoras propuestas por los titulares:
  - Alimentación “dedicada” desde centrales hidroeléctricas cercanas
  - Desconexión de cargas de C.C. no esenciales (*dislatching*)
  - Equipos portátiles: motobombas; grupos electrógenos; iluminación; instrumentación. Filosofía de *Plug&Play*
  - Acciones manuales locales (actuación de válvulas y bombas)
  - Mejoras en los sistemas de comunicación y de iluminación
  - Capacidad de restablecimiento de la integridad de la contención
- Pérdida de UHS: Consecuencias equivalentes a las del SBO

## Gestión de accidentes severos

### ➤ Alcance:

- Reevaluación de la organización y medios humanos existentes
- Revisión de los medios disponibles: dentro y fuera del emplazamiento, incluyendo los medios de comunicación para situaciones muy degradadas
- Revisión de la capacidad de acceso al emplazamiento en caso de sismo o inundación de gran severidad

## Gestión de accidentes severos

### ➤ Resultados:

- Planificación de la gestión de accidentes severos
  - Re-análisis de los recursos humanos en el emplazamiento
  - Nuevo Centro Alternativo de Gestión de Emergencias (CAGE)
  - Nuevo Centro Apoyo de Emergencias (CAE)
  - Viabilidad para acceder al emplazamiento en caso de eventos extremos
  
- Capacidades de gestión de Accidentes Severos
  - Estanqueidad dispositivos de aislamiento de contención
  - Venteo filtrado de contención (CNC, contención Mark III, no decidido\*)
  - Recombinadores de H<sub>2</sub> autocatalíticos pasivos (casos Garoña y Trillo)
  - Capacidad inyección a Rx, SFP y Contención. Análisis de la calidad del agua
  - Instrumentación: funcionalidad en caso de SBO o AS. Instrumentación de la SFP
  
- Aspectos de protección radiológica
  - Habitabilidad de sala de Control en caso de SBO prolongado
  - Red *online* de vigilancia de la radiación en el emplazamiento
  - Procedimientos y guías para proteger a los operadores de campo

## Gestión de Accidentes severos: Piscinas de Combustible

### Almacenamiento de Combustible

- Realizados análisis estructurales y márgenes sísmicos en piscinas y sistemas de refrigeración.
- Revisión de los sistemas de refrigeración y aporte de agua a la piscina.
- Tiempos disponibles para llevar a cabo acciones de reposición de nivel.

### Mejoras previstas:

- Equipos portátiles para reponer inventario
- Mejoras de la instrumentación de nivel y temperatura
- Análisis condiciones radiológicas para actuaciones manuales con pérdida de nivel

## Resumen

- Se ha cumplido el calendario previsto para su realización
- Los titulares presentaron los análisis solicitados y han propuesto numerosas acciones de mejora
- El CSN revisó estos análisis (informe nacional de 31/12/2011) considerando aceptables los resultados presentados. Sin embargo, ha requerido la implantación de mejoras adicionales y la realización de diversos análisis complementarios (de los cuales se podrían derivar nuevos requisitos)
- El programa previsto de realización de análisis adicionales e implantación de mejoras se desarrollará en 3 fases hasta 2016 (calendario exigente)

- AM: Gestión de accidentes (*Accident Management*)
- AS: Accidente severo
- BD: Bases de diseño
- C.A.: Corriente alterna
- C.C.: Corriente continua
- CE: Comisión Europea
- CEDEX: Centro de estudios y experimentación de obras públicas
- DBE: Terremoto base de diseño (*Design Bases earthquake*)
- GGAS (SAMG): Guías de gestión de accidentes severos
- ITC: Instrucción Técnica Complementaria (del CSN a un titular)
- OIEA (IAEA): Organización Internacional de la Energía Atómica
- PGA: Aceleración de pico a nivel de suelo (*Peak Ground Acceleration*)
- RPS (PRS): Revisión periódica de la seguridad
- SBO: Pérdida total de alimentación eléctrica de C.A. (*Station Black-Out*)
- SFP: Piscina de combustible gastado (*Spent Fuel Pool*)
- UE: Unión Europea
- UHS: Sumidero final de calor (*Ultimate Heat Sink*)

## Resultados de las centrales nucleares españolas

**Informes de los titulares disponibles en las páginas web de cada central:**

**Almaraz:** <http://www.cnat.es/cnatweb/videos/Almaraz/index.html>

**Asco:** [http://213.27.212.87/anav/media/informes/CNa\\_Informe\\_Final/index.html](http://213.27.212.87/anav/media/informes/CNa_Informe_Final/index.html)

**Cofrentes:**

[http://issuu.com/etejedorg/docs/cn\\_cofrentes\\_informe\\_final\\_stress\\_test?mode=window&viewMode=doublePage](http://issuu.com/etejedorg/docs/cn_cofrentes_informe_final_stress_test?mode=window&viewMode=doublePage)

**Garoña:** [http://nuclenor.org/informe\\_pruebas\\_res/informe.htm](http://nuclenor.org/informe_pruebas_res/informe.htm)

**Trillo:** <http://www.cnat.es/cnatweb/videos/Trillo/index.html>

**Vandellos:** [http://213.27.212.87/anav/media/informes/CNV\\_Informe\\_Final/index.html](http://213.27.212.87/anav/media/informes/CNV_Informe_Final/index.html)

**Informe nacional en la web del CSN:**

[http://www.csn.es/images/stories/actualidad\\_datos/pruebas\\_de\\_resistencia\\_informe\\_final.pdf](http://www.csn.es/images/stories/actualidad_datos/pruebas_de_resistencia_informe_final.pdf)

**Informes de todos los países en web de ENSREG:**

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

**Muchas gracias por su atención**

