

# Accidente de Fukushima y Actuaciones en las plantas operadas por ANAV

---

Abril 2013



Asociación Nuclear Ascó-Vandellòs II, A.I.E.

# Indice

---

## **1. Accidente del 11 de Marzo de 2011**

## **2. Secuencia de hitos relevantes**

## **3. Resultados del análisis y propuestas de mejora**

**3.1 Objetivo de los Stress Tests**

**3.2 Terremotos**

**3.3 Inundaciones y otros fenómenos naturales**

**3.4 Análisis de pérdida de funciones de seguridad**

**3.4.1 Organización de respuesta a emergencias**

**3.4.2 Disponibilidad de medios portátiles**

**3.4.3 Establecimiento de un área segura**

**3.4.4 Modificaciones de diseño relevantes**

## **4. Conclusiones**

1

# Accidente del 11 de Marzo de 2013

## Fukushima Dai-ichi antes del accidente



## Fukushima Dai-ichi antes del accidente

### Reactores en la Central Nuclear de FUKUSHIMA DAI-ICHI

Unit	Net MWe*	Reactor, Containment, and Cooling Systems
1	460	BWR-3, Mark I, IC, HPCI
2	784	BWR-4, Mark I, RCIC, HPCI
3	784	BWR-4, Mark I, RCIC, HPCI
4	784	BWR-4, Mark I, RCIC, HPCI
5	784	BWR-4, Mark I, RCIC, HPCI
6	1,100	BWR-5, Mark II, RCIC, HPCS

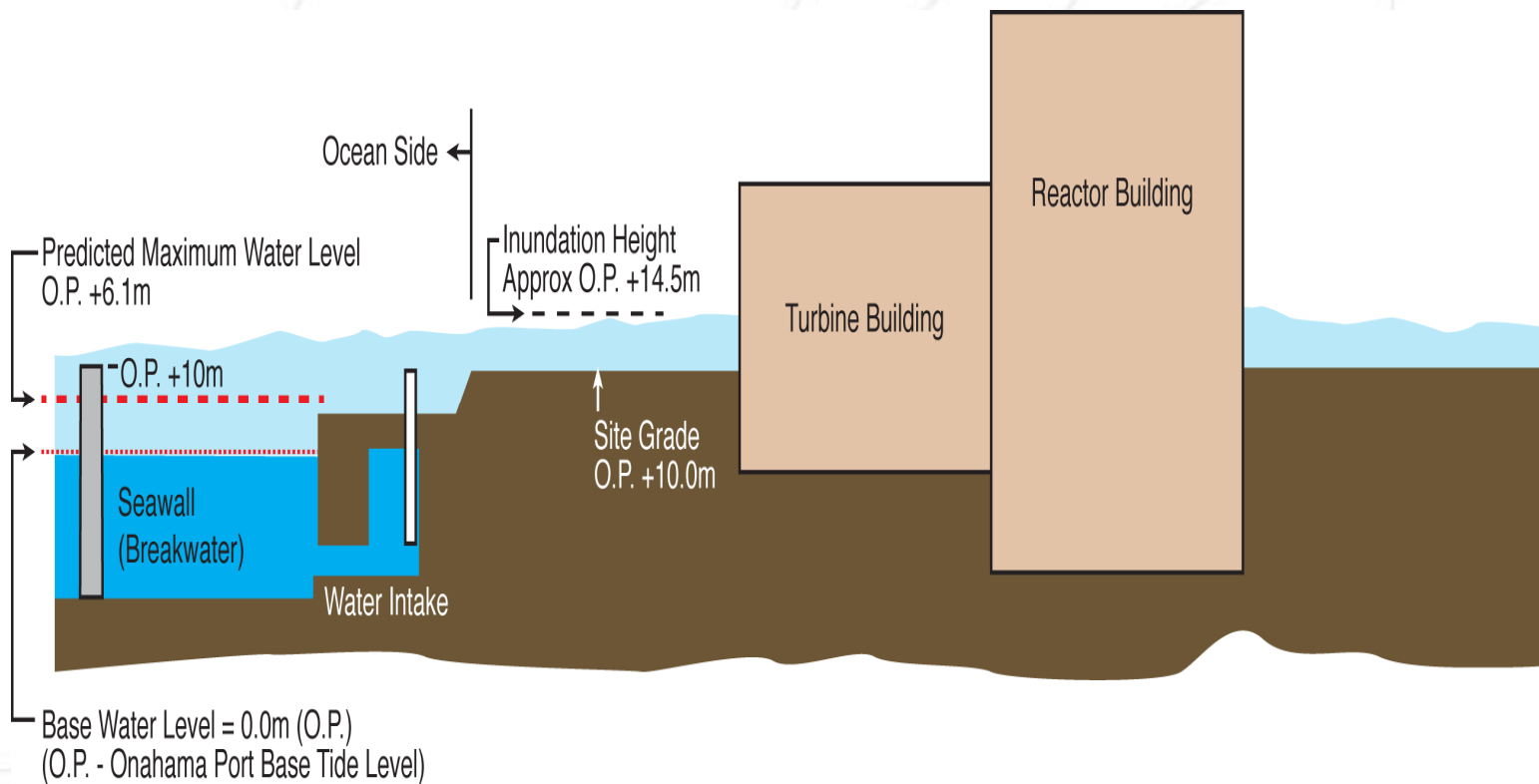
## Suceso sísmico – 14:46 hora local

El suceso sísmico de magnitud 9 se produjo a 178 Km del emplazamiento. Se trata del cuarto mayor terremoto registrado en el mundo

Unit	Measured (g)				Max Design Basis (g)				Ratio of Measured to Design Basis			
	NS	EW	VERT	Peak EW	NS	EW	VERT	Peak EW	NS	EW	VERT	Peak EW
1	0.47	0.46	0.26	0.91	0.50	0.50	0.42	1.51	0.94	0.91	0.63	0.60
2	0.35	0.56	0.31	1.23	0.45	0.45	0.43	1.45	0.79	1.26	0.72	0.85
3	0.33	0.52	0.24	1.50	0.46	0.45	0.44	1.49	0.72	1.15	0.54	1.01
4	0.29	0.33	0.20	0.87	0.46	0.45	0.43	1.46	0.63	0.72	0.47	0.60
5	0.32	0.56	0.26	1.17	0.46	0.46	0.44	1.49	0.69	1.21	0.60	0.79
6	0.30	0.45	0.25	1.03	0.45	0.46	0.42	1.40	0.67	0.99	0.59	0.73

## Tsunami

41 minutos tras el suceso sísmico llegó al emplazamiento la primera de las olas del tsunami con una altura estimada de 14 – 15 m



## Accidente del 11 de Marzo de 2011 – 15:27





## Evolución del accidente

- a. Como consecuencia del suceso sísmico, se produjo disparo automático del reactor en las tres plantas en operación.
- b. El suceso produjo la pérdida total del suministro eléctrico exterior, si bien el arranque de los generadores diesel de emergencia tuvo lugar de acuerdo a diseño
- c. La llegada del tsunami produjo un daño muy extenso en todas las instalaciones, perdiendo las unidades 1 a 5 el suministro eléctrico de emergencia. Solo uno de los diesel de la unidad 6 se mantuvo en operación.
- d. La refrigeración al combustible se perdió en la Unidad 1 a las pocas horas, en la Unidad 2 en torno a las 71 horas, y en la Unidad 3 en torno a las 36 horas.
- e. El hidrógeno generado como consecuencia de la pérdida de refrigeración dio lugar a explosiones sucesivas: 15:36 del día 12 en la Unidad 1, 11:01 del día 14 en la Unidad 3, 6:00 del día 15 en la Unidad 2

## Accidente del 11 de Marzo de 2011 – Consecuencias



## Accidente del 11 de Marzo de 2011 – Consecuencias



Unidad 3

## Accidente del 11 de Marzo de 2011 – Consecuencias



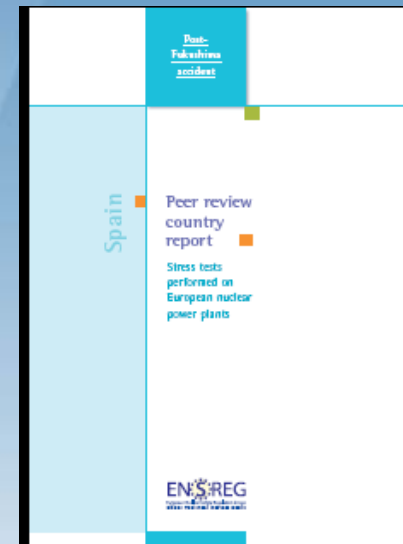
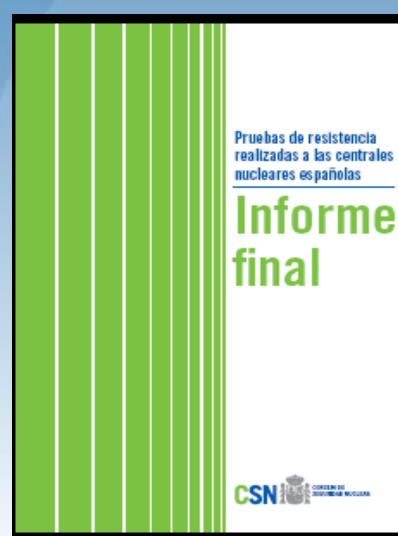
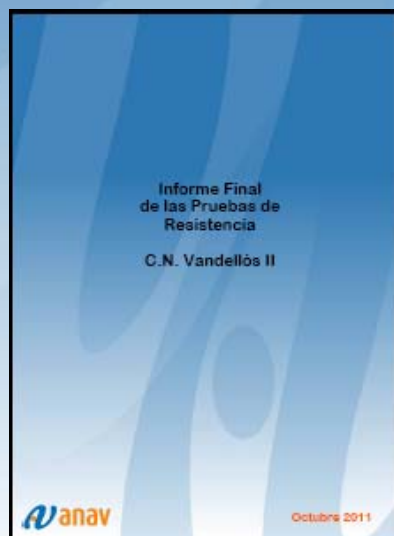
Unidad 4

## Accidente del 11 de Marzo de 2011 – Consecuencias

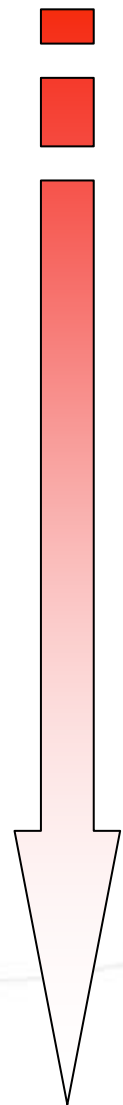


# 2

## Secuencia de hitos relevantes

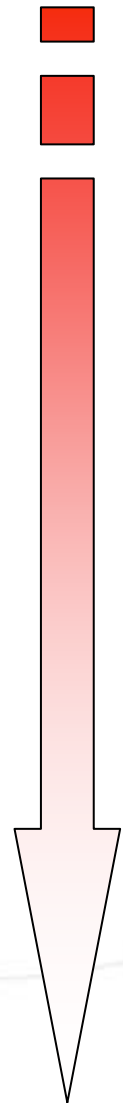


## Secuencia de hitos relevantes



Fecha	Hito
11/03/11	Accidente en Fukushima Dai-ichi
15/03/11	INPO IER 11-1
03/11	WANO SOER 2011-02
28/04/11	Respuesta de ANAV al WANO SOER
26/05/11	Emisión por el CSN de la Primera Instrucción Técnica (ITC-1) requiriendo los Stress Tests
01/07/11	Emisión por el CSN de la Segunda Instrucción Técnica (ITC-2) sobre afección a grandes áreas
12/07/11	Emisión por la NRC del análisis NTTF
15/08/11	Presentación por ANAV del informe preliminar de los Stress Tests de Ascó y Vandellós II
31/10/11	Presentación por ANAV del informe final de los Stress Tests de Ascó y Vandellós II
12/11	Emisión por el CSN del Informe Español de los Stress Tests

## Secuencia de hitos relevantes



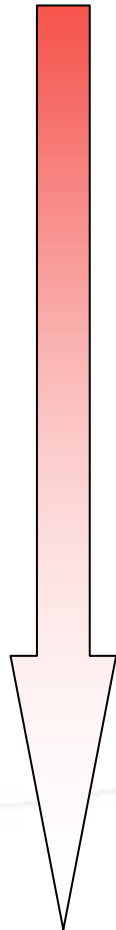
Fecha	Hito
23/12/11	Emisión por ANAV del informe de respuesta a la ITC-2 para Ascó y Vandellós II
17/02/12	Publicación por la NRC del SECY-12-025
12/03/12	Publicación por la NRC de las primeras tres órdenes basadas en las recomendaciones 2.1, 2.3 y 9.3 del NTTF
20/03/12	Publicación por el CSN de una nueva Instrucción Técnica (ITC-3) con requisitos adicionales sobre los compromisos adquiridos en los Stress Tests
25/04/12	Emisión por ENSREG del Documento de Peer Review de los Stress Tests
30/06/12	Emisión por ANAV del estrado de progreso de acciones derivadas de las ITC-1 e ITC-2
07/12	Publicación por el CSN de una nueva Instrucción Técnica (ITC-4) con requisitos adicionales sobre los compromisos adquiridos en la respuesta a la ITC-2



## Secuencia de hitos relevantes



Fecha	Hito
19/12/12	Emisión por el CSN del Plan de Acción Nacional



Continúa .....

Lanzamiento de programas específicos por el Grupo de Propietarios PWR (PWROG)

Seguimiento de las iniciativas del NEI, INPO

Seguimiento de las actividades de EPRI

Evaluación y potenciales nuevos requisitos de la autoridad reguladora española (Ej., Borradores de Instrucciones Técnicas relativas a la Organización de Emergencia y al CAGE)

# 3

## Resultados de análisis y propuestas de mejora

### 3.1 Objetivo de los Stress Tests

El Informe Final de las Pruebas de Resistencia y la respuesta a la ITC-2 han analizado las capacidades actuales de las plantas de Ascó y Vandellós II para hacer frente a sucesos postulados de forma determinista, independientemente de su probabilidad de ocurrencia:

- a. Sucesos de origen externo: Terremotos, Inundaciones Externas y Otros Sucesos Naturales
- b. Pérdida de Funciones de Seguridad:
  - Pérdida total de energía eléctrica (Externa e Interna)
  - Pérdida del Sumidero Final de Calor.
- a. Gestión de Accidentes Severos: Reactor y PCG
- b. Incendios que afecten a grandes áreas de la instalación

Se han determinado los márgenes disponibles frente a sucesos externos, así como la autonomía para hacer frente a la pérdida de funciones de seguridad.

### 3.1 Objetivo de los Stress Tests

- Los informes tanto preliminar como final de las pruebas de resistencia, así como el informe en respuesta a la ITC-2, proponen una serie de actuaciones en unos plazos acordados por el sector nuclear, que se concretan en:
  - Corto Plazo (2012)
  - Medio Plazo (2013 – 2014)
  - Largo Plazo (2015 – 2016)

En ANAV todas las actuaciones se enmarcan en un proyecto que hemos denominado de Refuerzo de la Seguridad

- Las propuestas de actuación realizadas por ANAV cuentan con el acuerdo del CSN que ha aceptado las conclusiones de los Stress Tests, si bien ha añadido requisitos adicionales en sus ITC-3 e ITC-4.

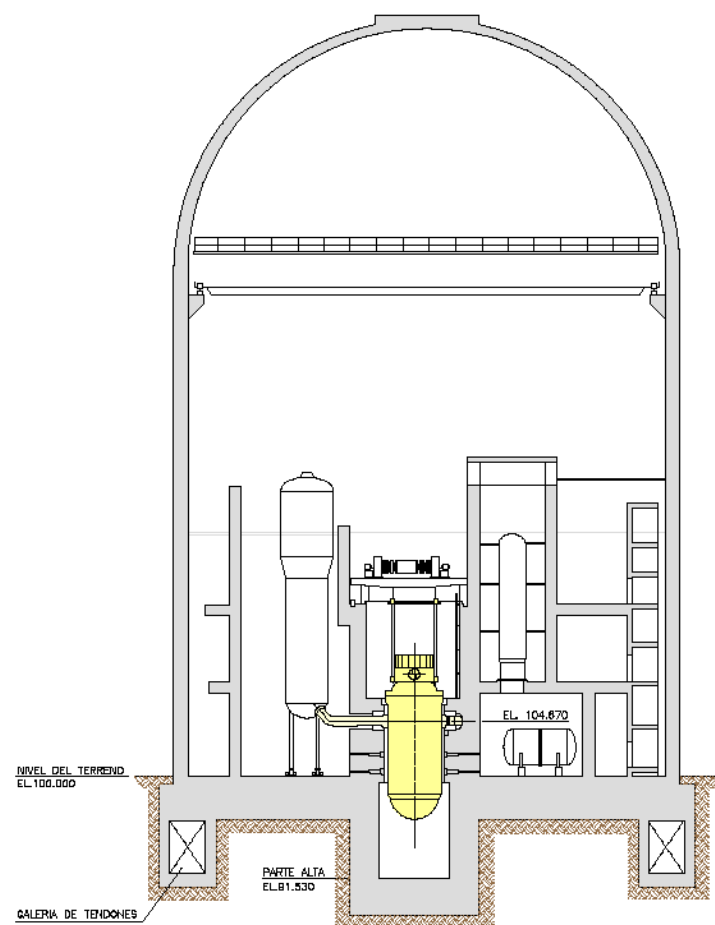
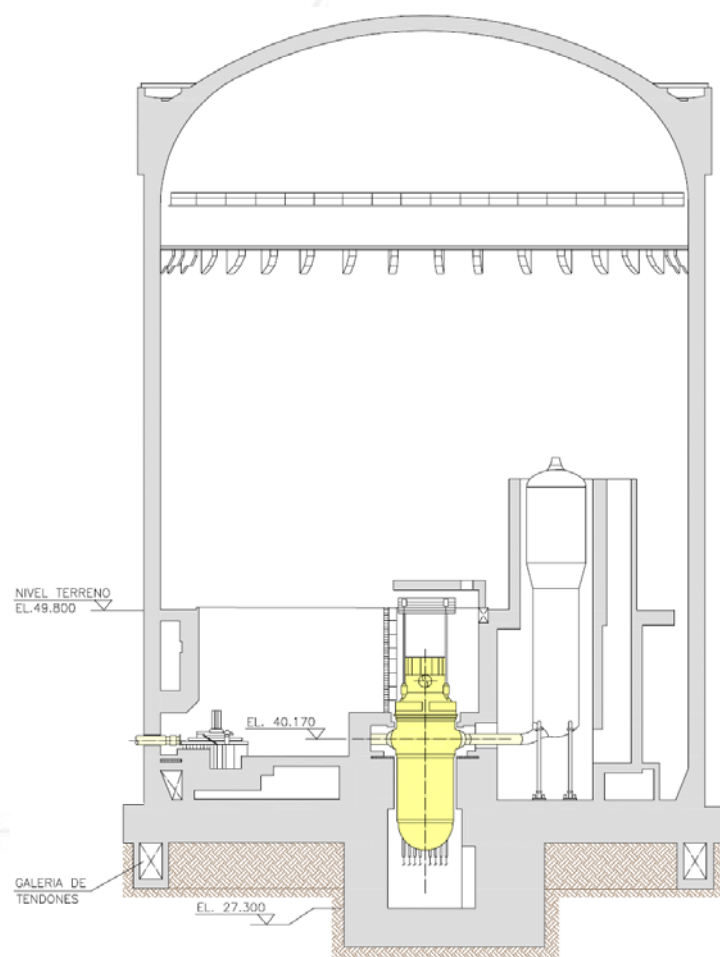
## Emplazamiento de CN Ascó



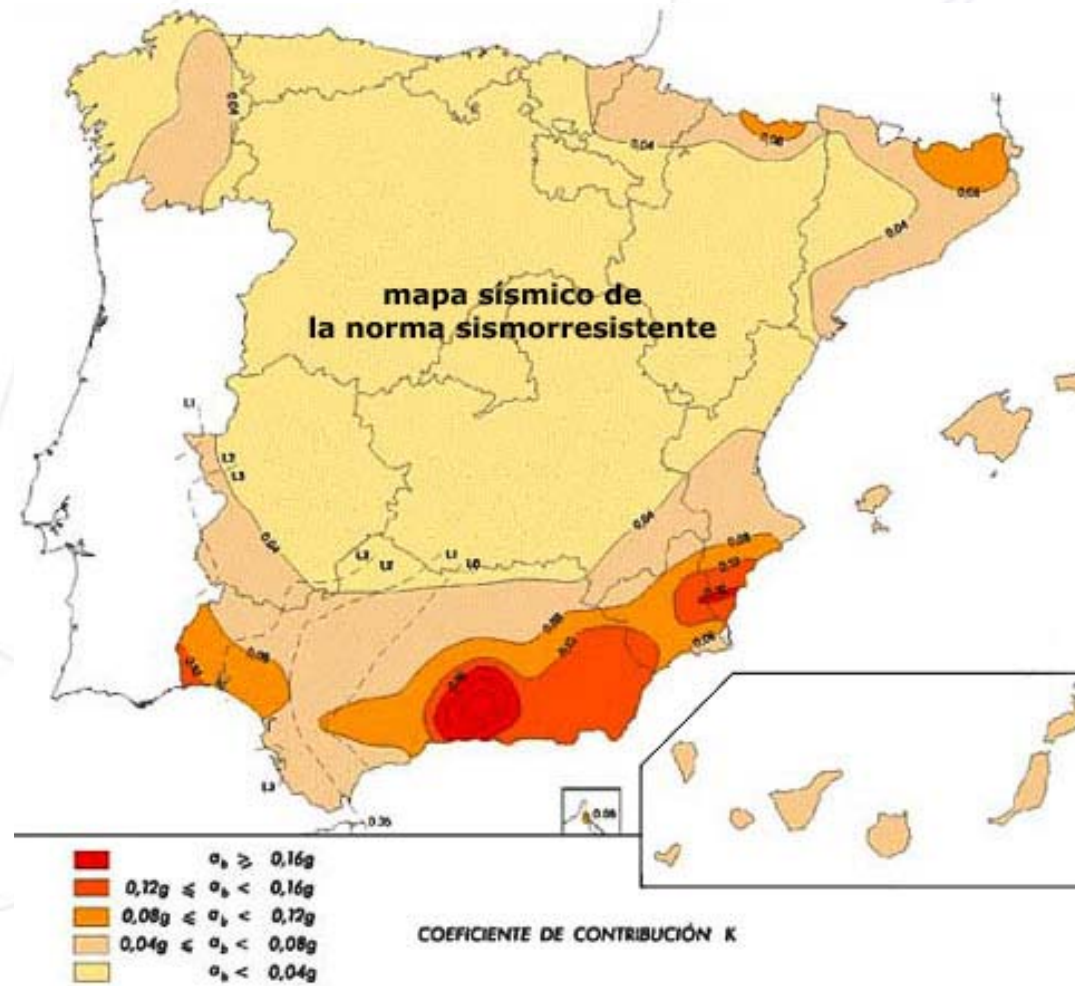
## Emplazamiento de CN Vandellós II



## Reactores de Ascó y Vandellós II



## 3.2 Terremotos





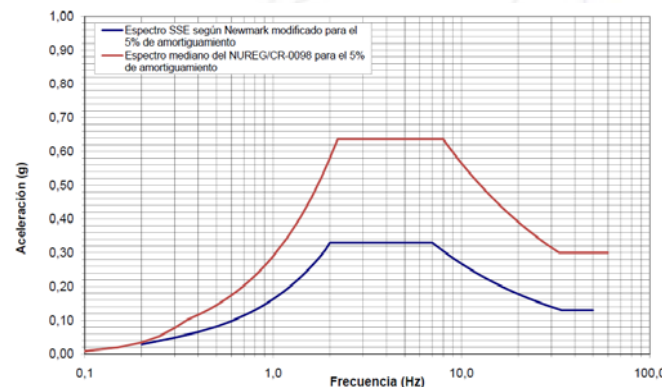
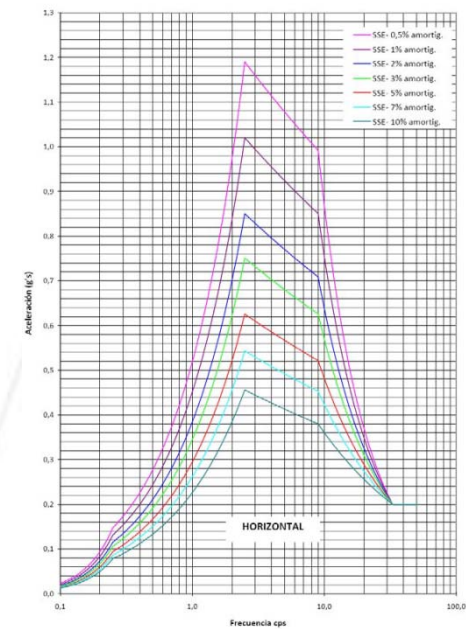
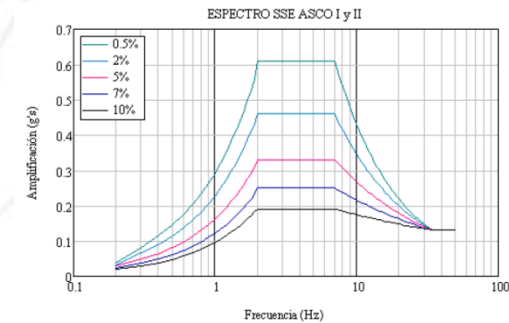
### 3.2 Terremotos – Base de Diseño y análisis IPEEE

CN Ascó

Terremoto base de Operación (OBE): 0.07 g  
 Terremoto de parada segura (SSE): 0.13 g  
 Margen sísmico: 0.30 g

CN Vandellós II

Terremoto base de Operación (OBE): 0.10 g  
 Terremoto de parada segura (SSE): 0.20 g  
 Margen sísmico: 0.30 g



## 3.2 Terremotos – Análisis

Tanto para Ascó como para Vandellós II se han llevado a cabo los análisis siguientes:

- 1.Actualización del sismo base de diseño con nuevos datos
- 2.Análisis de márgenes sísmicos de la PCG (estructura, liner y rack)
- 3.Análisis de márgenes sísmicos en equipos de SBO
- 4.Análisis de vulnerabilidades en tubería no clase que pudiera afectar a equipos de mitigación
- 5.Análisis de márgenes sísmicos de equipos relevantes para las SAMG
- 6.Análisis de vulnerabilidades en almacenamientos de material combustible o inflamable
- 7.Análisis de vulnerabilidades en equipos de PCI
- 8.Análisis de vulnerabilidades del aislamiento de contención
- 9.Análisis de capacidad sísmica de fuentes de agua

## 3.2 Terremotos – Actuaciones

ELEMENTO (TAG)	VULNERABILIDAD	SOLUCIÓN
Grupo motogenerador diesel (76R01 - 76Y01)	El grupo motogenerador se apoya sobre aisladores de vibración, cuya capacidad sísmica para el RLE no está demostrada.	Se desarrollan unos topos laterales "bumbers" para impedir el movimiento lateral de la bancada.



Figura 2-11 Vista actual del motogenerador 76R01-76Y01

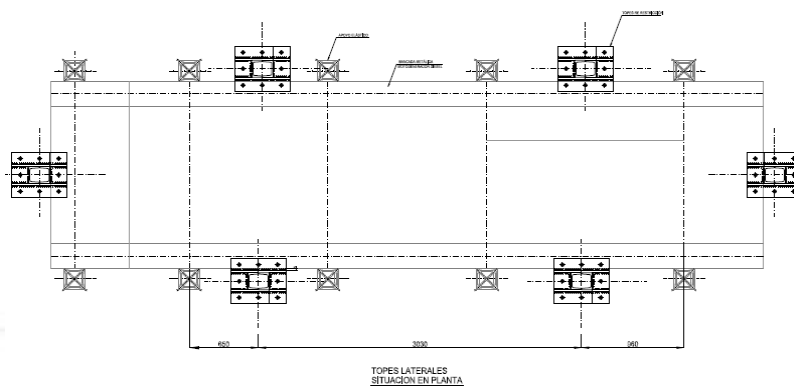


Figura 3-1 Bloque de cabinas que conforman la Barra 8A

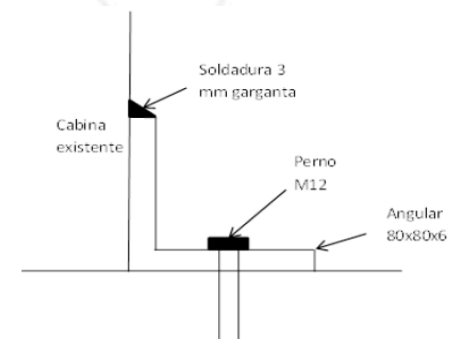


Figura 3-2 Solución mediante angulares

## 3.2 Terremotos – Actuaciones

ELEMENTO (TAG)	VULNERABILIDAD	SOLUCIÓN
Baterías KBAN-230 y KBAN-125	Los bastidores no disponen de anclaje al piso frente a acciones horizontales. El anclaje al piso puede no tener capacidad suficiente para el RLE.	Se diseñan unos tirantes laterales desmontables que evitan el movimiento de las baterías, y que pueden ser retirados para permitir el mantenimiento de las baterías.

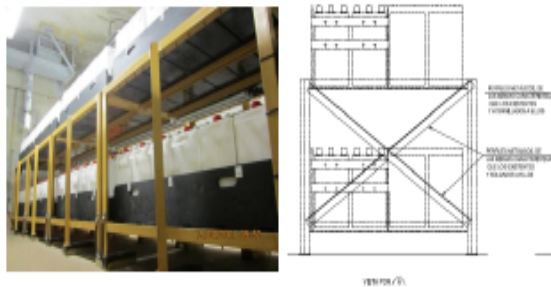


Figura 2-8 (izquierda) bastidores actuales, (derecha) esquema de riostras inferior propuesta

ELEMENTO (TAG)	VULNERABILIDAD	SOLUCIÓN
Tanque de combustible diesel (JR T01)	Según el cálculo de capacidad específico, el tanque es vulnerable al RLE.	Se diseñó una conexión a la banda de hormigón existente mediante 8 pernos M15/24 soldados al tanque.



Figura 2-9 Vista actual de la base del tanque diesel JRT01 y esquema de solución

## **3.2 Terremotos: Requisitos adicionales CSN**

1. El CSN (de acuerdo con lo establecido en el informe de Plan de Acción) requerirá un nuevo análisis de riesgo sísmico a todos los emplazamientos españoles
2. El diseño del almacenamiento de equipos portátiles deberá tener en cuenta valores adecuados de acción sísmica más allá de las Bases de Diseño.
3. El diseño del Nuevo Centro Alternativo de Gestión de Emergencias deberá tener en cuenta valores adecuados de acción sísmica más allá de las Bases de Diseño

### **3.3 Inundaciones y otros fenómenos naturales - Análisis**

1. Determinación de nuevos valores de la Precipitación Máxima Probable en los emplazamientos de Ascó y Vandellós II
2. Análisis detallado de la red de drenaje de CN Ascó
3. Análisis detallado de la red de drenaje de Vandellós II
4. Análisis detallado del drenaje del tubo ARMCO en Ascó (Barranco de Potxos y Vaguada del parque de 110 kV)
5. Análisis detallado de la capacidad de drenaje de los barrancos en Vandellós II (Lleria y Malaset)
6. Análisis de avenidas en el río Ebro tanto por precipitación intensa como por rotura de presas (por avenida y sísmicamente inducida)
7. Análisis de mejoras frente a temperaturas extremas en Ascó y Vandellós II
8. Análisis de la capacidad de estructuras frente a vientos extremos
9. Análisis de la capacidad sísmica de las presas de Mequinenza y Ribarroja

### 3.3 Inundaciones y otros fenómenos naturales - Análisis



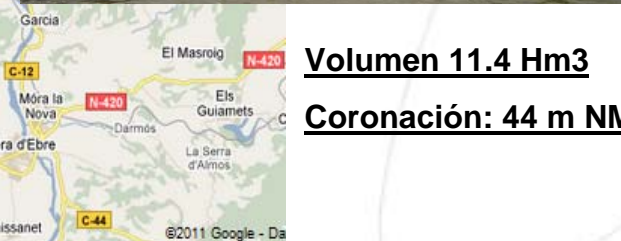
**Volumen 1530 Hm3**  
**Coronación: 124 m NM**



**Volumen 267 Hm3**  
**Coronación: 76 m NM**



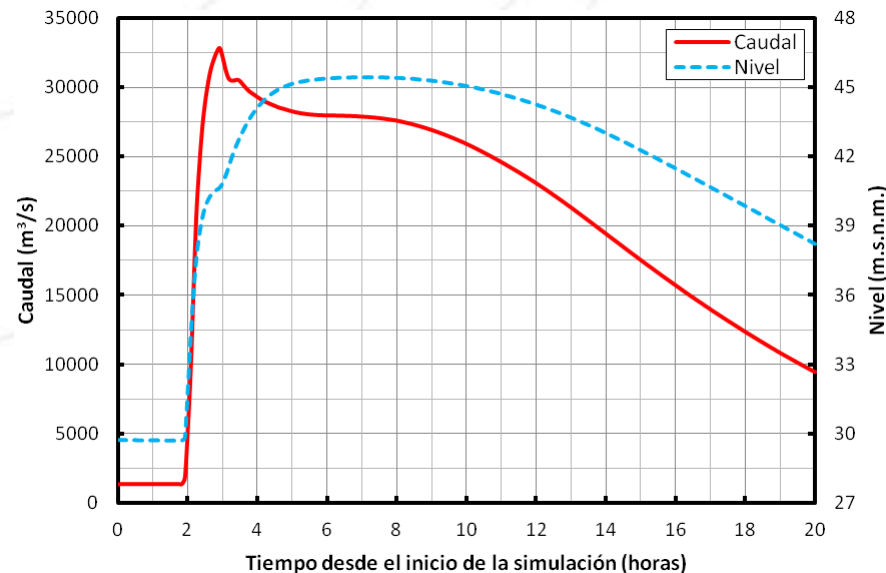
**Volumen 11.4 Hm3**  
**Coronación: 44 m NM**



### 3.3 Inundaciones y otros fenómenos naturales - Análisis

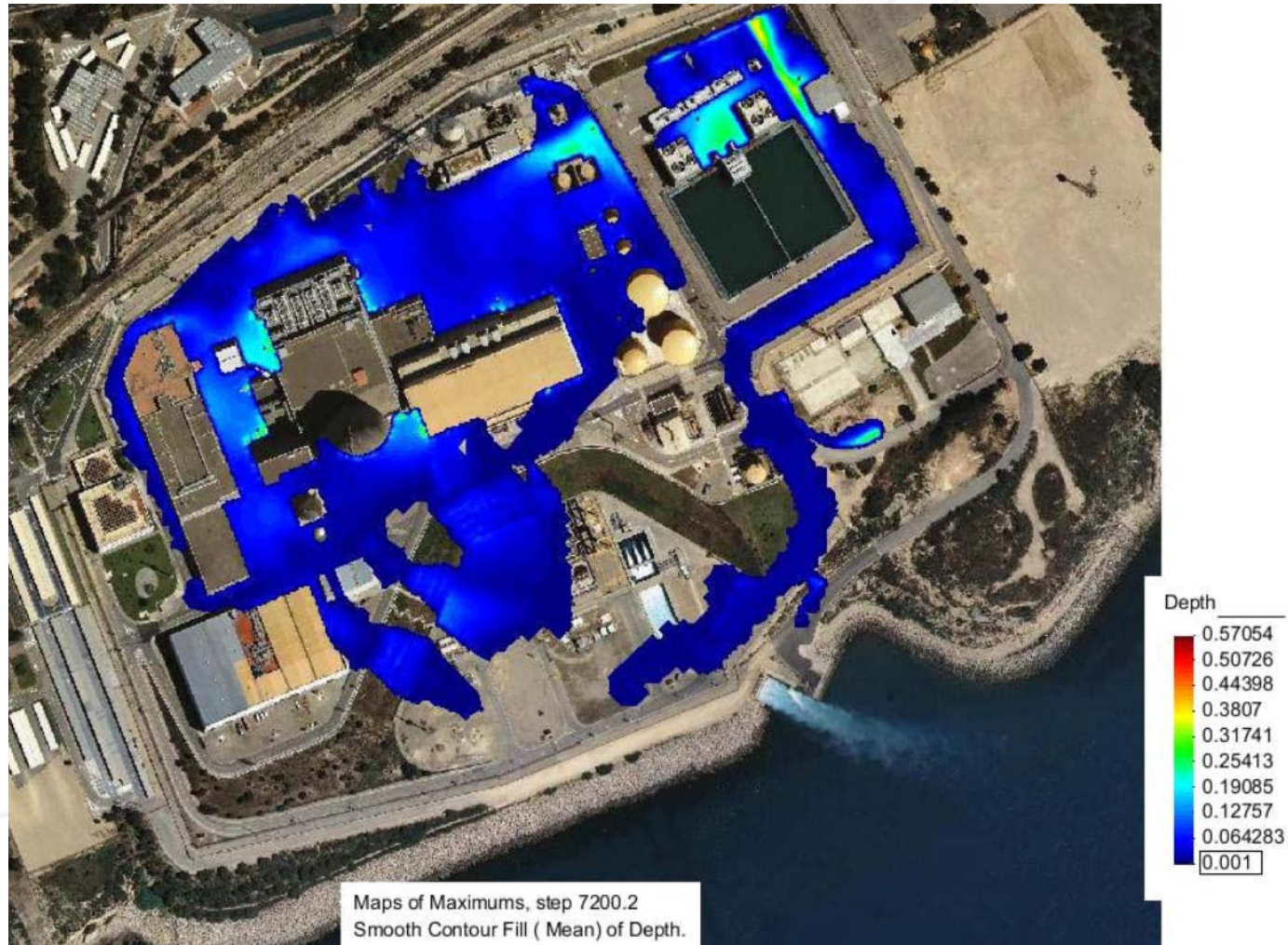
Análisis del escenario de rotura encadenada de presas:

1. Mequinenza en su NMN (121 msnm)
2. Rotura de tres bloques contiguos en J13 y J14 (70 m)
3. Rotura inicial de un bloque y de los adyacentes por erosión (10 min)
4. Ribarroja en su NMN (70 msnm)
5. Rotura de Ribarroja al superar la coronación entre juntas J4 y J33 (320 m)





### 3.3 Inundaciones y otros fenómenos naturales - Análisis



### **3.3 Inundaciones y otros fenómenos naturales - Actuaciones**

1. Aumento de la capacidad de la red de drenajes de los emplazamientos de Ascó y Vandellós II
2. Refuerzo de la capacidad hidrostática de los sellados en trincheras y galerías: Ascó y Vandellós II
3. Instalación de nueva protección contra rayos Ascó y Vandellós II
4. Refuerzo de la pared de contención del barranco de Malaset – Vandellós II
5. Modificación del encauzamiento de la vaguada de 110 kV en Ascó
6. Construcción de un nuevo encauzamiento del barranco de Potxos sin aportar al tubo ARMCO
7. Modificaciones de diseño para mejorar la respuesta ante temperaturas extremas

### **3.4 Análisis de pérdida de las funciones de seguridad**

1. En los Stress Tests se analizaron las capacidades de las centrales de Ascó y Vandellós II frente a sucesos de pérdida de las diferentes fuentes de alimentación eléctrica (exterior, generadores diesel de emergencia, generador diesel esencial, alimentación eléctrica de continua).
2. Se analizaron asimismo las capacidades de las centrales ante la pérdida de sumidero final de calor (normal y alternativo).
3. Se analizaron asimismo las capacidades de las centrales ante situaciones con daño al núcleo mediante el uso de la Guías de Gestión de Accidentes Severos, incluyendo potenciales problemas en las piscinas de almacenamiento de combustible gastado.

### **3.4 Análisis de pérdida de las funciones de seguridad**

Fruto de estos análisis se deducen medidas adicionales en los siguientes ámbitos:

Organización de respuesta a emergencias

Disponibilidad de medios portátiles

Disponibilidad de un “área segura”

Modificaciones de diseño relevantes

### **3.4.1 Organización de emergencias**

1. Análisis de dotaciones y medios para hacer frente a sucesos más allá de las Bases de Diseño en ambas unidades de Ascó y teniendo en cuenta el uso de equipos portátiles
2. Análisis de dotación y medios de Protección radiológica
3. Análisis para la mejora de capacidades en comunicaciones
4. Definición de la denominada “area segura” que incluye el Centro Alternativo de Gestión de Emergencias (CAGE), el almacén de equipos portátiles y la plataforma de evacuación aérea
5. Definición del “Centro de Apoyo de Emergencias” (CAE)
6. Revisión del procedimiento de asistencia mutua entre centrales
7. Desarrollo de las GMDE (Guías de Mitigación de Daño Extenso)
8. Desarrollo de la guía de “Command and Control” de acuerdo a los recursos disponibles en sucesos naturales extremos
9. Plan de extinción de grandes incendios y procedimientos asociados

### **3.4.2 Disponibilidad de medios portátiles**

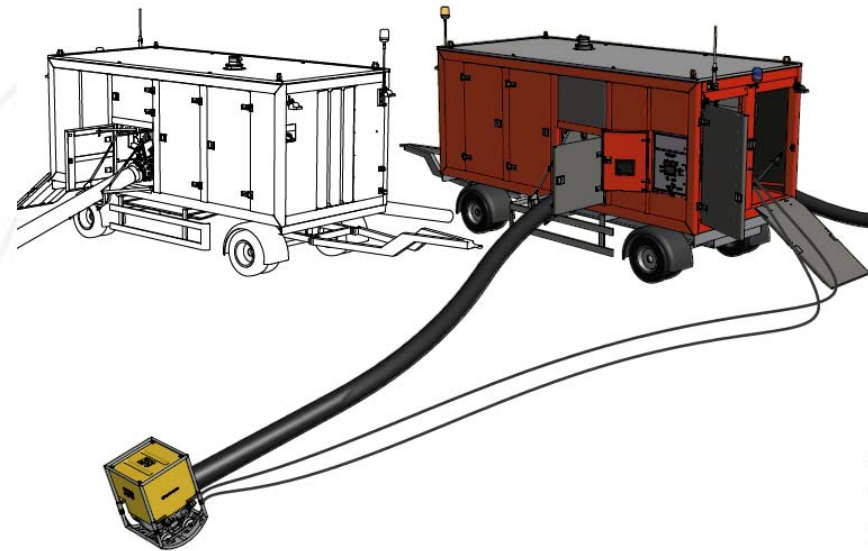
1. Para llevar a cabo las estrategias definidas en las GMDE se dispondrá de equipos portátiles si no estuvieran disponibles los equipos instalados.
2. Estos equipos incluyen generadores diesel, equipos de bombeo de baja presión y equipos de bombeo de media presión
3. Serán almacenados en una instalación con capacidad sísmica ubicada en la denominada “area segura”

### 3.4.2 Disponibilidad de medios portátiles

#### Equipos de bombeo



*The picture is an example. Final design may vary.*



### 3.4.2 Disponibilidad de medios portátiles



Grupos electrógenos

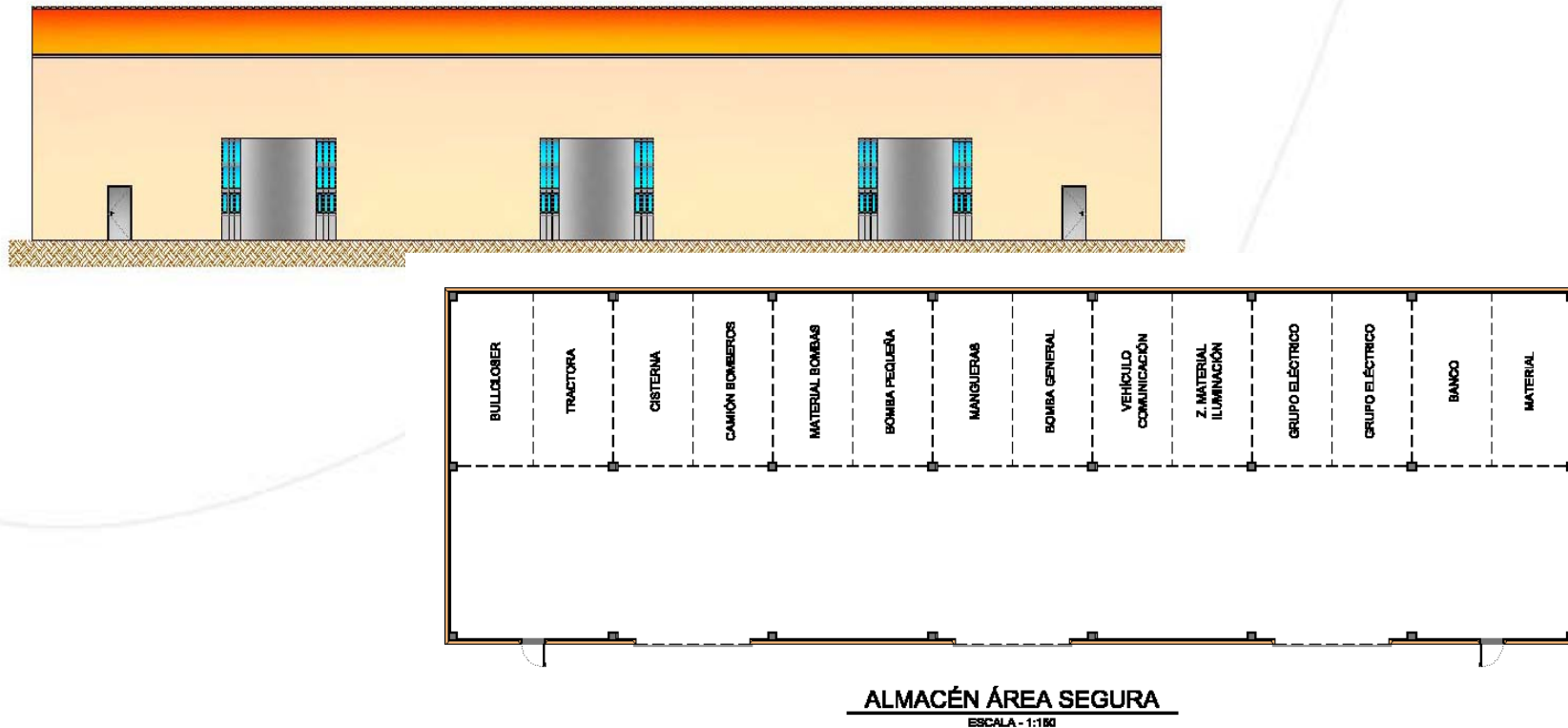




### 3.4.3 Establecimiento de un “area segura”

1. El área segura en cada emplazamiento estará contituida por:

- Almacenamiento para equipos portátiles
- Plataforma de evacuación aérea
- CAGE



### 3.4.4 Modificaciones de diseño relevantes

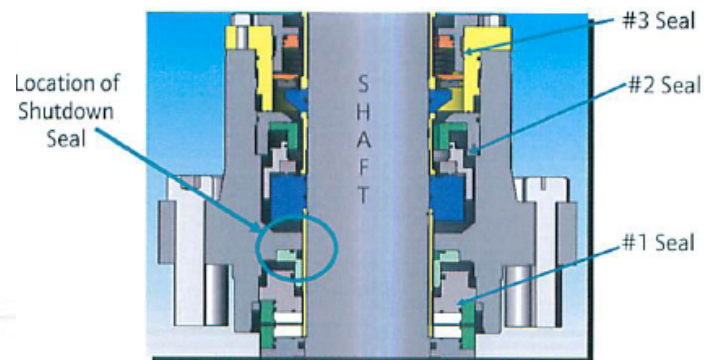
Adicionalmente a las modificaciones de diseño antes mencionadas en relación con los aspectos sísmicos, inundaciones y otros sucesos externos, se llevarán a cabo otras modificaciones de diseño relevantes:

- Implantación del área segura (CAGE, almacenamiento de equipos portátiles y plataforma de evacuación aérea)
- Modificaciones para conexión de equipos portátiles
- Implantación de un sistema de comunicaciones TETRA y otras mejoras en las comunicaciones en emergencia
- Implantación de nueva instrumentación en la piscina de combustible gastado

### 3.4.4 Modificaciones de diseño relevantes

- Inundación de la cavidad del reactor
- Implantación de los “Shutdown Seal”
- Implantación de los recombinaidores pasivos autocatalíticos
- Implantación de un venteo filtrado de contención

“Shut Down Seal Location”



- Design



# 4

## Conclusiones

## 4. Conclusiones

El impacto del accidente en Fukushima sobre la industria nuclear es muy relevante:

- Cese de la operación de las plantas alemanas
- Paralización de programas nucleares en Europa (Italia)
- Futuro incierto de la energía nuclear en Bélgica, Suiza
- Especial interés de la Comisión Europea sobre los temas nucleares
- Esfuerzo añadido en la industria nuclear para dar respuesta a los retos planteados por Fukushima
- Incremento de la supervisión por organizaciones como WANO
- Incremento de la carga reguladora
- Consideración de sucesos con potencial afección a varias unidades en un único emplazamiento

## 4. Conclusiones

Desde el punto de vista de ANAV como operador de centrales:

- Necesidad de dar respuesta al suceso con la adopción de medidas que mejoren nuestra capacidad frente a sucesos más allá de las bases de diseño
- Reto importante para la organización para dar respuesta a las acciones en los plazos comprometidos
- Dedicación de unos recursos muy relevantes en horas hombre e inversión
- Proyecto de toda la organización

Moltes gràcies



Asociación Nuclear Ascó-Vandellòs II, A.I.E.