

“Análisis de acciones del operador en un SBLOCA de 1” en el fondo de la Vasija en un Reactor tipo PWR”

Gonzalo Jiménez*, César Qeral*,
Juan Carlos Martínez-Murillo**

* Universidad Politécnica de Madrid
José Gutiérrez Abascal, 2 | 28006 Madrid
TEL: +34 91 336 3112 | FAX: / +34 91 336 3002
**CNAT

Email: gonzalo.jimenez@upm.es

La simulación de accidentes de rotura pequeña en el fondo de la vasija se aparta del convencional análisis de LOCA de rama fría, el más limitante en los análisis deterministas. La rotura de una de las penetraciones de instrumentación de la vasija ha sido desestimada históricamente en los análisis de licencia y en los Análisis Probabilistas de Seguridad y por ello, hay una falta evidente de literatura para dicho análisis.

En el año 2003 durante una inspección, se detectó una considerable corrosión en el fondo de la vasija de South Texas Project Unit I NPP. La evolución en el tiempo de dicha corrosión habría derivado en una pequeña rotura en el fondo de la vasija si su detección no se hubiera producido a tiempo.

La OECD/NEA consideró la importancia de simular dicha secuencia en la instalación experimental ROSA, la cual fue reproducida posteriormente por grupos de investigación internacionales con varios códigos de planta. En este caso el código utilizado para la simulación de las secuencias experimentales es TRACE.

Tanto en el experimento como en la simulación se observaron las dificultades de reinundar la vasija al tener la rotura en el fondo de la misma, haciendo clave la gestión del accidente por parte del operador.

Dadas las condiciones excesivamente conservadoras del test experimental, como el fallo de los dos trenes de inyección de alta presión durante todo el transitorio, en las aplicaciones de los experimentos con modelo de Almaraz NPP, se ha optado por reproducir dicho accidente con condiciones más realistas, verificando el impacto en los resultados de la disponibilidad de los trenes de inyección de alta presión o los tiempos de las acciones manuales del operador, como factores más limitantes y estableciendo el diámetro de rotura en 1”.

1. Antecedentes

Una pequeña cantidad de residuos incluyendo boro alrededor de la circunferencia de dos toberas de instrumentación del fondo de la vasija Figura 1, encontrada en una inspección en South Texas Project Unit 1 levantó dudas acerca de la integridad estructural de la vasija.

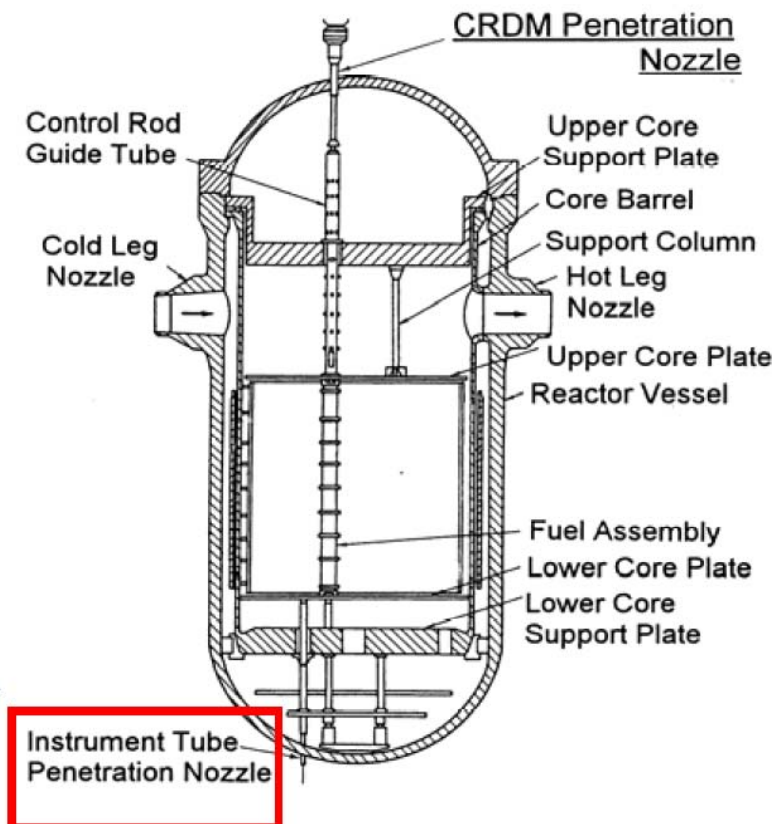


Figura 1. Esquema de la vasija con las penetraciones del fondo señaladas.

La eyección de uno de los instrumentos de 1.5 pulgadas de diámetro exterior podría haber sido el causante de un SBLOCA en fondo de la vasija. El hecho de encontrarse en una localización muy complicada hace que la fenomenología de este SBLOCA sea potencialmente diferente al caso asumido como más conservador, el de rotura en la rama fría.

Los principales fabricantes de PWR del mundo no analizan el SBLOCA en el fondo de la vasija por asignarle una baja probabilidad de suceso si hay una adecuada planificación de las inspecciones.

Sin embargo, los modelos de reactores avanzados como el EPR o el AP1000 han suprimido las penetraciones del fondo de la vasija, reduciendo, por tanto, la posibilidad de que una fuga en la parte baja de la vasija pueda derivar en un accidente.

2. Test 6.2 en ROSA

El experimento 6-2 del proyecto OECD/NEA ROSA fue llevado a cabo los días 15 y 16 de Diciembre de 2005, en la instalación experimental Large Scale Test Facility (LSTF) de la Agencia Atómica de Energía Japonesa (JAEA). El Test 6-2 es llevado a cabo con una rotura en fondo de vasija con un tamaño de rotura equivalente al 0.1% de rama fría.

Las hipótesis de partida para el experimento 6-2 fueron:

- Fallo total del sistema de inyección de alta presión (HPIS).
- El decaimiento de potencia y de la velocidad de las bombas se produce en el momento que ocurre la señal de SCRAM.
- El agua de alimentación auxiliar se controla después de que se genere la señal de SI (inyección de seguridad), suceso que se da cuando la presión del primario baja de 12,27 MPa.
- El nivel de líquido en los generadores de vapor se mantiene por encima de los tubos en U hasta que la gestión del accidente (AM action) comienza.
- La despresurización del lado secundario de los generadores de vapor mantiene una tasa de enfriamiento de 55 K/h en el sistema primario, como consecuencia de la gestión del accidente. Este suceso se inicia 30 minutos después de la señal de inyección. La despresurización se realizó únicamente en el generador de vapor del lazo sin presionador, de manera asimétrica.
- Presencia de gas no condensable en el circuito primario como consecuencia de la actuación de los acumuladores.
- El tamaño de la rotura es equivalente al 0.1% del área de la rama fría.
- El sistema de protección del núcleo se sitúa en una temperatura máxima en vaina de 970 K.

El objetivo del Test 6-2 es obtener datos termohidráulicos detallados para valorar y mejorar la capacidad predictiva de los códigos termohidráulicos (RELAP5, TRAC, CATHARE, ATHLET, etc.) y modelos para los análisis integrales de sistemas.

El experimento 6-2 del proyecto OECD/NEA ROSA se puede dividir en cuatro fases fundamentales:

- 1ª Parte: Respuesta de la instalación en modo automático, que se extiende hasta los 2500 s, aproximadamente. Durante esta fase se producen las señales de disparo del reactor, de inyección de seguridad, de parada de las bombas, etc.
- 2ª Parte: Actuación manual de los operadores mediante la despresurización del lado secundario. Esta fase se extiende desde los 2500 s hasta los 5000 s, aproximadamente.
- 3ª Parte: Inyección de los acumuladores y posterior entrada de gas nitrógeno en el sistema primario. Esta fase va desde el comienzo de la actuación de estos tanques, hasta los 11000 s.
- 4ª Parte: Descubrimiento del núcleo y actuación del sistema de inyección a baja presión. En esta fase actúa el sistema de protección del núcleo por aumento excesivo de temperatura y, por último, se termina el experimento con el cierre de la válvula que simula la rotura.

La cronología de los mayores eventos se puede resumir en la siguiente lista:

- Abre la válvula de rotura (0 s).
- SCRAM (568 s, PPZR = 12, 97 MPa)
- Comienzo de la despresurización con un 1 SG (2540 s, ritmo de desp. 55 K/h)
- Inicio de la inyección de los acumuladores (5100 s)

- Comienza el calentamiento en la región superior del núcleo (21060 s)
- Actuación del LPIS (21940 s)
- Segunda actuación del LPIS (23320 s)
- Fin del experimento (24033 s)

El accidente fue correctamente simulado con el código TRACE.

3. LHSBLOCA en el modelo de Almaraz NPP

Para el análisis equivalente de SBLOCA en fondo de vasija para el modelo de Almaraz NPP en TRACE se ha tomado, como en el caso de cabeza de vasija, como caso base un caso best estimate con todas las salvaguardias disponibles y con los tiempos de actuación del operador más realistas. Con ello se pretende realizar un análisis del caso más realista posible, midiendo a su vez el impacto que tiene sobre la evolución de la planta durante el accidente las acciones del operador y los tiempos de ejecución de dichas acciones.

Por ello, para el caso base se han tomado las siguientes hipótesis:

- Ambos trenes de inyección de seguridad están disponibles, para la inyección de alta presión y para la inyección de baja presión.
- El tamaño de la rotura es de 1", que corresponde al tamaño estimado para una pequeña rotura equivalente al diámetro interior del alojamiento de la instrumentación del fondo de la vasija.
- Se ejecuta un estacionario de 2650 s, momento en el cual se produce la rotura
- El disparo de las RCPs se produce a los 6 min (360 s) después del disparo al haber entrado los trenes de inyección de seguridad, de acuerdo con la Ref. 25.
- La despresurización de secundario para enfriamiento del primario se produce a los 20 min del disparo (1200 s), de acuerdo con la Ref. 25.
- La despresurización por apertura de las PORVs del presionador se produce a los 40 min (2400 s) del disparo, de acuerdo con la Ref. 25.
- La apertura de las PORVs se mantiene durante 100 segundos, suficientes para que el nivel en el presionador suba del 29% requerido por el POE para terminar con la despresurización del primario al recuperar el control de la presión.
- La planta se estabiliza a las 3h de iniciarse el accidente a una presión cercana a los 80 bar, como en la mayoría de los SBLOCA en rama fría.
- La simulación se desarrolla hasta los caudales de inyección y de rotura se igualan y la presión en el primario llega a un estacionario, para poder analizar la parte más complicada en la gestión del accidente, que es la inmediatamente posterior a la rotura.

A partir de dicho caso base se han ejecutado multitud de casos de sensibilidad, Tabla 1, variando los principales parámetros que afectan a las acciones humanas: tiempos de despresurización de secundario, tiempos de despresurización por las PORVs del presionador, disponibilidad de varios trenes de inyección, disparo de las RCPs y además se analizan los casos en los que no se postulan acciones del operador.

	Tamaño rotura	Trenes HPSI	Rotura	Disparo RCPs	Desp. 55K/h	PORVs open	PORVs closed
CNA-v2-T5p1-hpsi-poe4	1"	2	2650	3010	3850	5050	5150
CNA-v2-T5p1-hpsi-poe5	1"	2	2650	3010	3850	5050	5350
CNA-v2-T5p1-hpsi-poe6	1"	2	2650	3010	3850	no	no
CNA-v2-T5p1-hpsi-poe7	1"	2	2650	no	3850	5050	5150
CNA-v2-T5p1-hpsi-poe8	1"	2	2650	3010	3250	5050	5150
CNA-v2-T5p1-hpsi-det-rcp	1"	2	2650	3010	no	no	no
CNA-v2-T5p1-hpsi-det-rcp-inf	1"	2	2650	no	no	no	no
CNA-v2-T5p1-hhpsi-poe4	1"	1	2650	3010	3850	5050	5150
CNA-v2-T5p1-no-hpsi-poe4	1"	0	2650	3010	3850	5050	5150

Tabla 1. Casos de sensibilidad ejecutados en LHSBLOCA

4. Conclusiones sobre los casos de sensibilidad

El impacto de los casos de sensibilidad se resume en la Tabla 2.

Caso de sensibilidad	Impacto	Comentarios
Tiempo de retraso de las PORVs	BAJO	Sólo es importante en el caso en el que se elimine la despresurización mediante las PORVs
Disparo de las RCPs	MEDIO	El impacto es importante para la gestión a largo plazo
Despresurización por el secundario	MEDIO	La despresurización mediante las PORVs es más efectiva si se adelanta la despresurización mediante el secundario.
Casos sin acciones del operador	MUY ALTO	El comportamiento de la planta es completamente distinto en este caso
Trenes de inyección	MUY ALTO	En el caso de un tren de inyección, aunque el comportamiento es muy similar al de dos trenes, se descubre el núcleo durante un tiempo mucho mayor. En el caso de no contar con trenes de inyección el núcleo está descubierto incluso después de la entrada de los acumuladores, llegando hasta el daño al núcleo.

Tabla 2. Impacto de los casos de sensibilidad sobre los casos de LHSBLOCA

Como principal conclusión se puede extraer que los casos con hipótesis realistas ejecutados no han supuesto un reto en términos de PCT ni de descubrimiento de núcleo y por tanto este tipo de SBLOCA no representan ningún problema en caso de tener actuar las salvaguardias mínimas contempladas en el APS.