

# INTEGRACIÓN DE LA ESTRATEGIA SAWA/SAWM EN LA GESTIÓN DE ACCIDENTES SEVEROS DE C.N. COFRENTES



**CÉSAR SERRANO SANTAMARÍA**  
Responsable del grupo de accidentes severos  
IBERDROLA GENERACIÓN NUCLEAR SAU



**LUIS REY PEINADO**  
Técnico de combustible  
IBERDROLA GENERACIÓN NUCLEAR SAU



**ANDRÉS HERNÁNDEZ-AVELLANEDA**  
Analista MAAP  
EMPRESARIOS AGRUPADOS

## INTRODUCCIÓN

C.N. Cofrentes ha completado una actualización de sus procedimientos de operación de emergencias y guías de accidente severo POE/GAS, para adaptarlos a sus equivalentes genéricos EPG/SAG desarrollados por el grupo de propietarios BWROG [1], los cuales, integran las nuevas capacidades disponibles implementadas en las CCNN tras el accidente de Fukushima Daiichi y una optimización de las estrategias de mitigación al estado del arte. En la gestión de accidentes severos una de las novedades más relevantes es la implementación de la estrategia SAWA/SAWM (*Severe Accident Water Addition/Management*), que establece una regulación al caudal aportado sobre el escombros relocalizado tras el fallo de la vasija y que se extrapola a cualquier condición de operación, desde potencia (CO-1) hasta recarga (CO-5).

La estrategia SAWA/SAWM nace orientada a los diseños BWR con contenciones Mark-I y II [2], como propuesta del sector nuclear estadounidense NEI-13-02 [3] a la resolución de la orden EA-13-109 de la NRC [4], para garantizar la capacidad de venteo de contención en accidentes severos. Con la estrategia SAWA/SAWM se busca proteger la integridad de la contención y limitar la dosis emitida al exterior a través de venteos no filtrados, y sus principios se consideran extrapolables a las contenciones Mark-III. En

el caso de C.N. Cofrentes, esta estrategia se apoya en la diversidad de sistemas de aportación a vasija/contención desde fuentes externas para su implementación y se complementa con una gestión de liberaciones al exterior a través de un sistema de venteo filtrado de la contención con aspiración desde una cota elevada, lo que aporta un mayor margen en la gestión de esa inyección.

## ANÁLISIS DE LA ESTRATEGIA SAWA EN C.N. COFRENTES

Las Guías de Accidente Severo (GAS) vigentes en C.N. Cofrentes, antes de la implementación de la estrategia SAWA/SAWM, ya contemplaban la necesidad de mantener sumergido el núcleo dañado en vasija o relocalizado en contención (escombros) en todo momento, por los beneficios que aporta en la limitación de la dosis liberada al exterior y en la preservación de la integridad de la contención. Para ello, se plantean estrategias de aportación directa sobre el escombros a partir de las distintas configuraciones de alineamientos existentes, dando prioridad a aquellas consideradas más efectivas, por su rapidez de sumergencia. Esa aportación es incluso, preventiva, pues anticipa la presencia de agua en la zona de la contención que recogería el núcleo fundido (pedestal) antes del fallo de la vasija. Si bien, con vasija íntegra, esa presencia de agua se limita a una cota que

permite la difusión de la energía liberada en los distintos procesos degradativos de la vasija preservando la capacidad estructural de la contención. Con la vasija ya fallada no existía esa restricción y la inundación se realizaba hasta la parte alta del núcleo activo (TAF), cota que se encuentra por debajo de las cotas de aspiración de los sistemas de alivio de presión en pozo seco y contención.

Las nuevas GAS de C.N. Cofrentes mantienen la filosofía de aportación de agua a contención limitada con la vasija íntegra, ampliándola a la fase inicial de vasija fallada, bajo la argumentación de limitar la dosis liberada en contención y minimizar los riesgos de gestión accidental a largo plazo, antes de su estabilización, que puedan amenazar la integridad de la contención como última barrera de retención. Estos riesgos, más evidentes para los diseños BWR con contención Mark-I que para las contenciones Mark-III como C.N. Cofrentes (**Figura 1**), son la raíz de la estrategia SAWA/SAWM, que fija una limitación del caudal inyectado al escombros en un entorno de 500 gpm a 100 gpm para centrales con potencia nominal de 3500 MWt, con un ajuste del caudal en cada planta proporcional a su potencia nominal.

El caudal máximo de la estrategia SAWA/SAWM corresponde al necesario tras el fallo RPV para la estabilización del escombros, absorbiendo la energía procedente de las reacciones químicas y su enfriamiento hasta condiciones de saturación, mientras que el caudal mínimo es básicamente el necesario para absorber el calor residual asociado tras su estabilización para la protección de la contención primaria.

Este artículo muestra el análisis de la estrategia SAWA/SAWM en C.N. Cofrentes con el código MAAP5 v05, sobre distintas configuraciones operativas (potencia, parada fría y recarga) y para ello se selecciona una secuencia tipo de pérdida de energía eléctrica exterior e interior (SBO) donde se tienen en cuenta distintas combinaciones para la transición a daño al núcleo, mediante la disponibilidad temporal del sistema de refrigeración de núcleo aislado (RCIC) y de la despresurización de vasija mediante válvulas de alivio (SRVs) alimentadas con baterías, con impacto ambas sobre la configuración del escombros a refrigerar. El aporte de agua sobre el escombros se analiza por los dos caminos existentes en C.N. Cofrentes: desde vasija a través de la rotura o desde la piscina de supresión por inundación hasta el muro de rebose al pozo seco / pedestal.

MAAP5 [5], desarrollado por EPRI, es un código acoplado

vasija-contención que integra modelos para el análisis de la fenomenología del accidente severo, incluyendo degradación y relocalización del núcleo fundido, fallo de la vasija, interacción del núcleo fundido con el hormigón y el transporte de gases y productos de fisión liberados en el proceso.

La versión v.05 contiene los cambios realizados tras el accidente de Fukushima al modelo de vasija en diseños BWR, para un mejor análisis del proceso de relocalización y fallo de la vasija. El modelo de interacción del núcleo fundido con hormigón (**Figura 2**), base principal de este análisis, está testado con los experimentos SNL SURC-4 y ACE (L2, L5, L6 y L7).

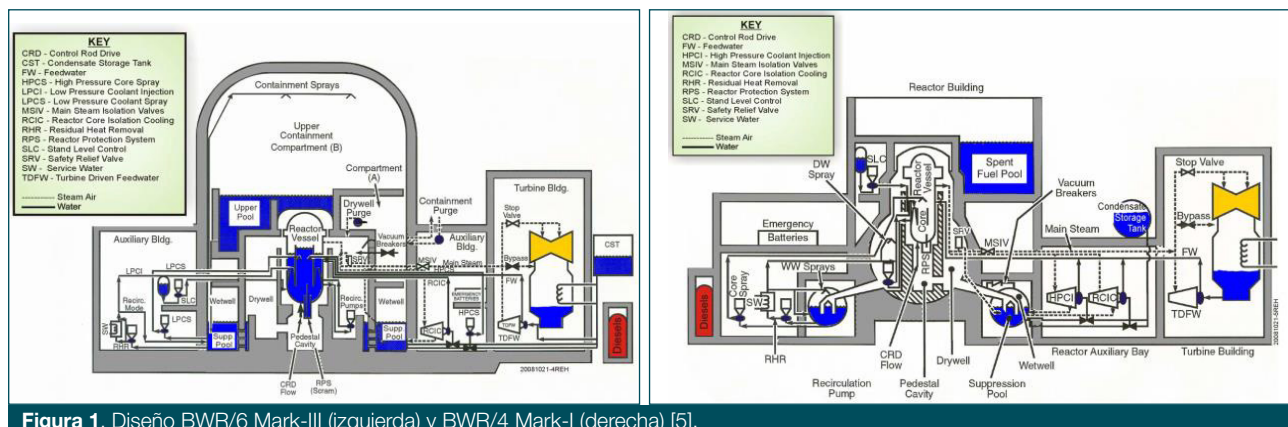
Para considerar en éxito la implementación de la estrategia SAWA/SAWM en C.N. Cofrentes se establece como requisito la sumergencia del escombros hasta la cota del muro de rebose, sin pérdida de las capacidades de alivio de presión en contención y pozo seco y la estabilización del escombros con un valor máximo por erosión que preserve la integridad estructural del pedestal/pozo seco e, indirectamente, de la propia contención.

### Impacto de la estrategia SAWA/SAWM sobre secuencias de accidente a potencia

Para el análisis de la estrategia SAWA en secuencias de accidente a potencia se da crédito al aislamiento de la contención. Los análisis contemplan tres rangos de refrigeración del núcleo con RCIC y dos estados de control de presión en vasija, por su impacto sobre la energía y configuración de la masa relocalizada y de la contención que recoge el escombros:

- CASE1/2: Sin RCIC con vasija a baja/alta presión.
- CASE5/6: RCIC operando 4h con vasija a baja/alta presión.
- CASE9/10: RCIC operando 16h con vasija a baja/alta presión.

Para la aportación de agua en contención sobre el núcleo fundido se tienen en cuenta los dos caminos existentes en C.N. Cofrentes, sobre los cuales opera una amplia diversidad de sistemas (contraincendios, agua de servicios esenciales y otras combinaciones recogidas en las estrategias FLEX). Cuando se utiliza el camino de inyección directo a piscina de supresión (S3), se postula disponibilidad a partir de las 2 horas de inicio del accidente y limitada hasta el rebose e



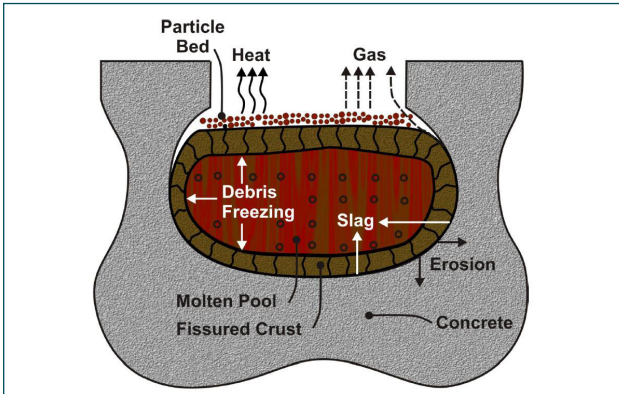


Figura 2. Fenomenología MCCI en MAA5.

inundación de la zona de pozo seco y pedestal, previo al fallo de vasija, según GAS, siendo la inyección posterior al fallo de vasija según requisitos SAWA. Cuando se utiliza el camino de inyección a vasija (S5), es siempre posterior al fallo de vasija y según requisitos SAWA. Se analizan también estrategias combinadas de inyección previa a contención y posterior a vasija, tras fallo de esta, con estrategia SAWA (S3S5).

La Figura 3 muestra la respuesta en contención (presión y nivel de inundación) de la implementación de la estrategia SAWA (masa inyectada en contención), que requiere actuación del SVFC a medio y largo plazo, y la inercia del proceso de enfriamiento del escombro (temperatura), para uno de los casos de potencia analizados (Case1-s3s5).

Los picos de presión en contención durante los procesos de relocalización del núcleo fundido en vasija (in-vessel) y pedestal (ex-vessel) se mantienen dentro de las presiones límite de operación con el SVFC, siendo más intensivos a medida que se degradan las condiciones de la piscina de supresión (casos con mayor tiempo de operación del RCIC).

El control de presión en contención durante las fases previas minimiza los riesgos de fallo estructural por presurización brusca.

Sobre estos escenarios se realizan variantes con impacto en la efectividad de la estrategia SAWA:

- Apertura del pozo seco para facilitar la entrada de agua a pedestal con estrategia SAWA desde piscina de supresión.
- Reducción de los caudales inyectados en la estrategia SAWA.
- Retraso en el inicio de la inyección SAWA.
- Cambio de la aspiración desde fuentes externas a piscina de supresión para la estrategia SAWA con inyección a vasija.

Los resultados de la Tabla 1, muestran la efectividad de la estrategia SAWA, para cualquier configuración accidental a potencia, cuando se implementa con sistemas que aspirando desde fuentes externas inyectan directamente a vasija. La efectividad admite reducciones de hasta 2/3 tanto del caudal máximo como mínimo e incluso retrasos en su implementación de hasta 2 horas desde el fallo de la vasija. Además, su efectividad es independiente de la presencia o no de agua en el pedestal antes del fallo de la vasija.

El caudal limitado por la estrategia SAWA genera condiciones ambientales más estrictas en contención y pozo seco frente a una estrategia pura de inundación, existiendo un mayor número de actuaciones del venteo de contención, aunque el nivel de erosión alcanzado es muy parecido, al estar muy condicionada por la estrechez del pedestal.

Para los escenarios más intensivos en calor residual (CASE1/2), los niveles máximos de agua en piscina de supresión al cabo de 72 horas con la estrategia SAWA son

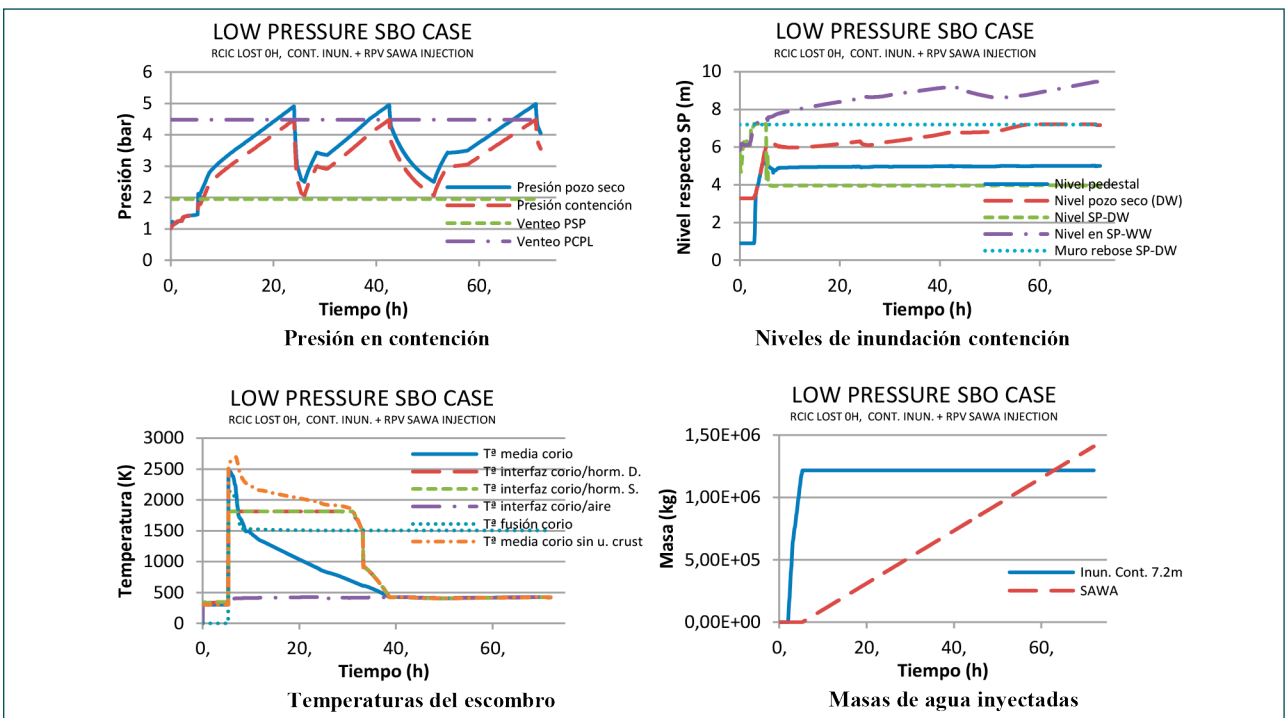


Figure 3. Respuesta en contención para secuencia de accidente severo a potencia con MAA5.

CASO	RCIC / P <sub>RPV</sub>	Baipás Pozo Seco	Nivel agua pedestal antes fallo RPV (m)	Tiempo fallo RPV (hh:mm)	Inyección pedestal previa fallo RPV / SAWA	Nivel máx. SP (m)	Erosión a 72h (m) / Escombro estable	Gestión SVFC en GAS a 72h (hh:mm / nº)
Case1-s3	0h / BP	No	4.3	05:16	Si / SP	11.7	1.73 / No	23:56 / 2
Case1-s3a2	0h / BP	Si (*)	4.3	05:16	Si / SP	8.5	0.74 / Si	09:06 / 3
Case1-s3s5	0h / BP	No	4.3	05:16	Si / RPV	9.5	0.70 / Si	23:59 / 3
Case1-s3s5b2	0h / BP	No	4.3	05:16	Si / RPV <sup>1</sup>	9.2	0.70 / Si	23:10 / 3
Case1-s3s5b3	0h / BP	No	4.3	05:16	Si / RPV <sup>2</sup>	18.1	0.71 / Si	- / 0
Case1-s5	0h / BP	No	0.0	05:06	No / RPV	8.9	0.63 / Si	24:43 / 2
Case1-s5b2	0h / BP	No	0.0	05:06	No / RPV <sup>1</sup>	7.7	0.66 / Si	22:39 / 3
Case1-s5b2c3	0h / BP	No	0.0	05:06	No / RPV <sup>1a</sup>	7.8	0.94 / Si	20:18 / 3
Case1-s5b2d1	0h / BP	No	0.0	05:06	No / RPV <sup>2d</sup>	7.0	0.63 / Si	21:04 / 3
Case1-s5b4	0h / BP	No	0.0	05:06	No / RPV <sup>3</sup>	7.6	1.09 / Si	18:20 / 3
Case1-s5c1	0h / BP	No	0,0	05:06	No / RPV <sup>1c</sup>	8.7	1.06 / Si	20:59 / 3
Case2-s3a2	0h / AP	Si (*)	2.9	03:13	Si / SP	7.6	0.81 / Si	06:09 / 1+
Case2-s3s5	0h / AP	No	2.9	03:13	Si / RPV	8.6	0.73 / Si	24:53 / 3
Case2-s3s5b2	0h / AP	No	2.9	03:13	Si / RPV <sup>1</sup>	8.5	0.73 / Si	23:36 / 3
Case2-s3s5b2d1	0h / AP	No	2.9	03:13	Si / RPV <sup>2d</sup>	8.0	0.46 / Si	26:11 / 3
Case2-s3s5b2d2	0h / AP	No	2.9	03:13	Si / RPV <sup>1d</sup>	8.9	1.61 / No	19:48 / 4
Case2-s5b2	0h / AP	No	0.0	03:20	No / RPV <sup>1</sup>	8.0	0.70 / Si	25:08 / 2
Case2-s5b2c2	0h / AP	No	0.0	03:20	No / RPV <sup>1b</sup>	7.8	0.84 / Si	20:14 / 3
Case5-s3	4h / BP	No	5.4	13:02	Si / SP	11.2	1.00 / No	31:46 / 2
Case5-s3s5	4h / BP	No	5.4	13:02	Si / RPV	9.3	0.70 / Si	28:38 / 2
Case6-s3s5	4h / AP	No	5.5	09:29	Si / RPV	10.1	0.75 / Si	31:48 / 2
Case9-s3	16h / BP	No	5.1	25:59	Si / SP	11.3	0.62 / No	50:45 / 1
Case10-s3s5	16h / AP	No	4.8	23:04	Si / RPV	9.5	0.68 / Si	51:15 / 1

Notas: (\*) Tamaño grande del baipás; (1) SAWA a 2/3 con caudales máximos y mínimos; (2) SAWA a 2/3 siempre a caudal máximo; (3) SAWA siempre a caudal mínimo; (a/b/c) Retardo en el inicio de inyección SAWA de 1/2/3 horas; (d) SAWA aspirando desde SP

**Tabla 1.** Sumario impacto de la estrategia SAWA en escenarios a potencia (CO-1).

inferiores a 10 m y, en pozo seco, próximos a la cota del muro de rebose, lo que garantiza una adecuada sumergencia del escombro (6 m, aproximadamente), la disponibilidad de un amplio margen por sumergencia de la aspiración para la gestión de la presión en contención con el SVFC (superior a 12 m) y la minimización de riesgos estructurales asociados a un proceso de inundación.

Con escenarios menos intensivos en calor residual (CASE5/6 y CASE9/10) los criterios asociados al éxito en la implementación de la estrategia SAWA dispondrían de un margen mayor, con niveles máximos en piscina de supresión semejantes y habría un retardo y reducción en las actuaciones del venteo de contención.

Cuando la estrategia SAWA con inyección directa a vasija se realiza aspirando desde la piscina de supresión (fuentes internas) su efectividad se ve mermada por su elevada temperatura, por lo que la reducción a 2/3 sólo es eficaz operando siempre a caudal máximo. Sin embargo, con esta estrategia se limita aún más la subida de nivel en piscina de supresión, quedando en el entorno de los 8 m o por debajo.

Cuando la estrategia SAWA se realiza con inyección a piscina de supresión desde fuentes externas su efectividad está condicionada a la existencia de una apertura significativa del pozo seco que iguale las presiones con contención y no

limite el rebose de agua hacia el pedestal. Esta apertura, con el consiguiente baipaseo de la piscina de supresión, adelanta la presurización en contención y la actuación del SVFC.

#### Impacto de la estrategia SAWA/SAWM sobre secuencias de accidente en otros modos de operación

Para el análisis de la estrategia SAWA en secuencias de accidente en otros modos de operación se seleccionan las dos configuraciones operativas que más contribuyen en el análisis probabilista de seguridad: CO-4 (Parada fría) y CO-5 (Recarga).

En ambas configuraciones se postula apertura del pozo seco y, para CO-5, apertura también de la vasija. Además, se asume aislamiento manual efectivo de la contención, actuación contemplada en contingencias y en la nueva versión de las GAS, con objeto de analizar el impacto de la estrategia sobre la presión en contención y su gestión con el SVFC.

Los resultados recogidos en la **Tabla 2** (CO-4, Parada Fría), muestran la efectividad de la estrategia SAWA con criterios menos restrictivos que en condiciones de potencia, por la menor carga energética del escombro. Así, la efectividad con inyección directa a RPV desde fuentes externas admite reducciones de hasta 1/3 tanto del caudal máximo como mínimo con independencia de la presión en RPV (CASE1/2).

CASO	P <sub>RPV</sub>	Nivel agua pedestal antes fallo RPV (m)	Tiempo fallo RPV (hh:mm)	Inyección pedestal previa fallo RPV / SAWA	Nivel máx. SP (m)	Erosión a 72h (m) / Escombro estable	Gestión SVFC en GAS a 72h (hh:mm / nº)
Case1-s3b9f1	BP	0.0	12:39	No / SP	7.2	1.03 / Si	20:01 / 6
Case1-s3f1	BP	5.5	12:17	Si / SP	9.2	0.63 / Si	46:28 / 1
Case1-s3b5f1	BP	5.5	12:17	Si / SP <sup>5</sup>	8.1	0.63 / Si	40:56 / 2
Case1-s3s5b2f1	BP	5.5	12:17	Si / RPV <sup>1</sup>	8.5	0.63 / Si	40:38 / 2
Case1-s5b2f1	BP	0.0	12:39	No / RPV <sup>1</sup>	7.7	0.68 / Si	14:56 / 2+
Case1-s5b5f1	BP	0.0	12:39	No / RPV <sup>5</sup>	7.2	0.85 / Si	16:00 / 3+
Case1-S5b5d1f1	BP	0.0	12:39	No / RPV <sup>7d</sup>	6.6	0.72 / Si	15:06 / 1+
Case1-s5b6f1	BP	0.0	12:39	No / RPV <sup>6</sup>	7.0	0.95 / No	17:00 / 2+
Case2-s3s5b5f1	AP	5.7	09:18	Si / RPV <sup>5</sup>	8.2	0.66 / Si	42:55 / 2
Case2-s5b5f1	AP	0.0	09:04	No / RPV <sup>5</sup>	7.2	0.77 / Si	14:10 / 6

Notas: (1) SAWA a 2/3 con caudales máximos y mínimos; (5) SAWA a 1/3 con caudales máximos y mínimos; (6) SAWA a 1/4 con caudales máximos y mínimos; (7) SAWA a 1/3 siempre a caudal máximo; (d) SAWA aspirando desde SP.

**Tabla 2.** Sumario impacto de la estrategia SAWA en escenarios de Parada Fría (CO-4).

Cuando la inyección directa a RPV se realiza aspirando desde piscina de supresión (fuentes internas), también es posible la reducción de caudal a 1/3, aunque este ha de mantenerse siempre en caudales máximos, al igual que en los escenarios de potencia.

La apertura del pozo seco en CO-4 hace que los niveles máximos de agua en piscina de supresión al cabo de 72 horas sean inferiores a 9,2 m y próximos a los 7,2 m cuando se usan caudales de 1/3. Esta apertura también hace efectiva la estrategia SAWA con inyección a piscina de supresión desde fuentes externas, con la misma potencial reducción de caudales a 1/3, siempre y cuando se haya implementado antes del fallo de la vasija la estrategia de inundación a contención y pozo seco hasta 7,2 m. La apertura del pozo seco también juega un papel relevante en las necesidades de control de presión en contención con el SVFC, pues esta se incrementa cuando no existe el remanente de agua que aporta la estrategia de inundación de contención y pozo seco hasta 7.2 m previa al fallo de la vasija y, por tanto, al inicio de la estrategia SAWA.

Los resultados recogidos en la Tabla 3 (CO-5, Recarga), muestran la efectividad de la estrategia SAWA con criterios menos restrictivos que en condiciones de potencia y de parada fría, por la menor carga energética del escombro. Así, la efectividad con inyección directa a RPV desde fuentes externas admite reducciones de hasta 1/5 tanto del caudal máximo como mínimo. Cuando la inyección directa a RPV se realiza aspirando desde piscina de supresión (fuentes internas), también es posible la reducción de caudal, pero sólo hasta 1/4 y manteniéndose siempre en caudales máximos, al igual que en los escenarios de potencia.

Con esta configuración operativa también es efectiva la estrategia SAWA con inyección a piscina de supresión desde fuentes externas y, a diferencia de CO-4, sin necesidad de implementar previamente la estrategia de inundación a contención y pozo seco hasta 7,2 m. Aunque con reducción del caudal a 1/5 si es necesaria la inundación previa desde piscina de supresión.

La apertura de la vasija en CO-5, bajaseando la piscina de supresión, acelera la presurización de la contención y genera la actuación temprana del SVFC antes del fallo RPV. Esta configuración también impacta en los picos de presión en contención durante los procesos de relocalización del núcleo fundido en vasija (in-vessel) y pedestal (ex-vessel) que, aun siendo más intensivos, siguen manteniéndose dentro de las presiones límite de operación con el SVFC. Aunque obligan a un control más estricto de presión en contención durante las fases previas. El impacto posterior de la estrategia SAWA sobre la evolución de presión en contención varía en función de la existencia o no de una inundación previa de la contención y pozo seco hasta 7.2 m, siendo en cualquier caso menos relevante que en el resto de las configuraciones operativas.

Los menores requisitos de refrigeración en CO-5 permiten alcanzar la estabilización del escombro mediante la estrategia SAWA con niveles de inundación en contención más bajos (inferiores a 7,2 m al cabo de 72h). Esta característica es especialmente importante en configuraciones sin aislamiento de la contención en cotas baja (apertura de la compuerta de equipos), minimizando las pérdidas de refrigerante por rebose fuera de la contención.

## CONCLUSIONES

La gestión de accidente severo en C.N. Cofrentes mantiene, desde sus orígenes, la necesidad de sumergir el núcleo dañado, allí donde este se encuentre, con objeto de detener la progresión del daño y minimizar las dosis liberadas al exterior. Ese aporte de agua tiene, como objetivo final, alcanzar la cota alta de núcleo activo (TAF) y se mantiene con vasija fallada para asegurar el cubrimiento de partes del combustible no relocalizada. Sin embargo, el proceso de inundación hasta el TAF incluye riesgos por la sumergencia de equipos y la pérdida de sistemas de regulación de presión en contención que pueden ser necesarios para la gestión del accidente a medio/largo plazo. Es por ello, que este proceso de inundación hasta el TAF debe postponerse a una fase final

CASO	Nivel agua pedestal antes fallo RPV (m)	Tiempo fallo RPV (hh:mm)	Inyección pedestal previa fallo RPV / SAWA	Nivel máx. SP (m)	Erosión a 72h (m) / Escombros estable	Gestión SVFC en GAS a 72h (hh:mm / nº)
Case1-s3b9g1	0.3	19:59	No / SP	7.2	0.99 / Si	14:40 / 2
Case1-s3g1	6.1	22:12	Si / SP	9.2	0.62 / Si	14:01 / 1
Case1-s3b7g1	6.1	22:12	Si / SP <sup>9</sup>	8.1	0.64 / Si	14:01 / 2
Case1-s3s5b2g1	6.1	22:12	Si / RPV <sup>1</sup>	8.8	0.65 / Si	14:01 / 2
Case1-s5b2g1	0.3	19:59	No / RPV <sup>1</sup>	7.8	0.72 / Si	14:40 / 2
Case1-s5b5g1	0.3	19:59	No / RPV <sup>5</sup>	6.5	0.73 / Si	14:40 / 2
Case1-s5b6g1	0.3	19:59	No / RPV <sup>6</sup>	6.1	0.77 / Si	14:40 / 2
Case1-s5b6d1g1	0.3	19:59	No / RPV <sup>8d</sup>	6.1	0.82 / Si	14:40 / 2
Case1-s5b7g1	0.3	19:59	No / RPV <sup>9</sup>	6.1	0.93 / Si	14:40 / 2

Notas:(1) SAWA a 2/3 con caudales máximos y mínimos; (5) SAWA a 1/3 con caudales máximos y mínimos; (6) SAWA a 1/4 con caudales máximos y mínimos; (8) SAWA a 1/4 siempre a caudal máximo; (9) SAWA a 1/5 con caudales máximos y mínimos; (d) SAWA aspirando desde SP.

**Tabla 3.** Sumario impacto de la estrategia SAWA en escenarios de Recarga (CO-5).

de gestión a largo plazo, una vez asegura la refrigerabilidad del combustible y, mientras tanto, el aporte de agua a contención debe ser gestionado:

- Sin fallo de vasija, el aporte debe limitarse a asegurar la presencia de agua en el pedestal con objeto de facilitar la refrigerabilidad del escombros tras fallo de la vasija, dificultada por la estrechez del pedestal y manteniendo la función de supresión de presión. Los riesgos estructurales sobre la contención por presurización brusca al fallar la vasija derivados de la implementación de esta estrategia se consideran de menor orden para contenciones Mark-III, según los análisis probabilistas de seguridad y la respuesta en contención es gestionable con posterioridad, a través del SVFC.
- Con fallo de vasija, el aporte de agua en contención se limita por la estrategia SAWA/SAWM, con un caudal máximo inicial, en caso de no disponer de ese remanente de agua previo al fallo de la vasija y, con un caudal mínimo de largo plazo, que asegura la extracción de calor residual y consigue estabilizar el escombros, preservando la integridad estructural del pozo seco y contención.

El análisis realizado de la estrategia SAWA/SAWM sobre C.N. Cofrentes para distintas configuraciones operativas permite:

- Dar validez a su implementación por distintos caminos y aspirando desde fuentes externas o internas, siendo la inyección directa a vasija desde fuentes externas la prioritaria frente al resto, por ser válida para toda configuración operativa y no condicionada por la gestión accidental en contención realizada previamente.
- Asumir retrasos en la implementación de la estrategia de hasta 2 horas. Especialmente relevante en secuencias de daño al núcleo a corto plazo.

- Limitar el caudal inyectado en función del calor residual y del uso de fuentes externas o internas a valores entre 2/3 y 1/5 de los valores de referencia (500/100 gpm).

La estrategia SAWA/SAWM frente a la antigua estrategia de inundación de contención sin restricción hasta TAF genera una respuesta de presión en contención que es, por lo general, más intensa, sin afectar apenas a los niveles de erosión, que son muy semejantes y condicionados por la estrechez del área del pedestal de la contención Mark-III. Sin embargo, la estrategia SAWA/SAWM mantiene unos niveles de agua en contención relativamente bajos, minimizando los riesgos sobre los sistemas y estructuras de contención que garantizan su integridad. Así, en condiciones de recarga y con compuerta de equipos abierta la estrategia SAWA/SAWM permitiría refrigerar el escombros minimizando las pérdidas de refrigerante por rebose fuera de la contención.

## REFERENCIAS

- [1]. EPG/SAG Revision 4.9, Boiling Water Reactor Owner Group, October-2021 (información propietaria).
- [2]. Technical Basis for Severe Accident Mitigating Strategies, Volume 1, EPRI Palo Alto CA, April-2015, 3002003301 (información propietaria).
- [3]. Industry Guidance for Compliance with Order EA-13-109: BWR Mark I & II Reliable Hardened Containment Vents Capable of Operation Under Severe Accident Conditions, Nuclear Energy Institute, April-2015, NEI 13-02
- [4]. Order to Modify Licenses with regard to Reliable Hardened Containment Vents Capable of Operation Under Severe Accident Conditions, USNRC Order EA-13-109, June-2013 (ADAMS nº, ML13143A321)
- [5]. MAAP5 – Modular Accident Analysis Program for LWR Power Plants (Vol. I-IV). Computer Code Manual, EPRI Palo Alto. January-2019. (información propietaria). ■