

Análisis de espurios múltiples y circuitos asociados en C. N. Cofrentes

J. J. Molina y M.Á. Celaya

El artículo describe el proceso seguido por la Central Nuclear de Cofrentes (CNC) para llevar a cabo el análisis de espurios múltiples en cumplimiento de las normas reguladoras IS-30 rev 1 y Guía de Seguridad del CSN 1.19 basándose en las recomendaciones del NEI-00-01 *Guidance for Post-Fire Safe Shutdown Circuit* y NUREG/CR-6850. *Fire PRA Methodology for Nuclear Power Facilities*.

The article describes the process followed by the Cofrentes Nuclear Power Plant (CNC) to conduct the analysis of multiple spurious in compliance with regulatory standards IS-30 rev 1 and CSN Safety Guide 1.19 based on the recommendations of the NEI-00-01 "Guidance for Post-Fire Safe Shutdown Circuit" and NUREG/CR-6850. "Fire PRA Methodology for Nuclear Power Facilities".



JUAN JOSÉ MOLINA HERNÁNDEZ

Jefe de Proyectos de PCI
CENTRAL NUCLEAR DE COFRENTES
Ingeniero Químico por la Universidad de Valencia.



MIGUEL ÁNGEL CELAYA MELER

Responsable de los proyectos de análisis de Incendios en el marco de APS.
IBERDROLA INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN SAU
Ingeniero Superior Industrial por el ETSII de Tarrasa.

INTRODUCCIÓN

La edición de marzo de 2013 de la Instrucción de Seguridad 30, revisión 1, (referencia 1) requiere el análisis de los modos de fallo inducidos por incendio en circuitos asociados y, dentro de estos, de los sucesos de espurios múltiples (MSO) que pueden inducir un malfuncionamiento de las ESC relacionadas con la parada segura.

La metodología utilizada en este análisis está basada en los apartados 3 y 4 de la referencia 3, refrendados por la Guía de Seguridad 1.19 y la Instrucción de Seguridad 30, Rev. 1, del CSN. En el capítulo 3 de la referencia 4 se definen también los circuitos asociados de manera equivalente a las anteriores. La definición adoptada, extraída de los documentos citados, es la siguiente:

Son aquellos cables relacionados o no con la seguridad (clase 1E o no clase 1E) que tienen una separación física menor que la requerida por el Apéndice R Sección III.G.2 y cumplen una de estas características:

- Tienen una fuente de alimentación común con equipos de parada segura (redundante o alternativa) y esta fuente no dispone de protecciones eléctricas respecto del circuito asociado mediante interruptores coordinados, fusibles, o dispositivos similares. El fallo de estos cables puede provocar la pérdida de la fuente de alimentación y el fallo de los equipos necesarios para la parada segura.*
- Actuaciones espurias. Circuitos de equipos cuya actuación espuria puede afectar negativamente a la capacidad de parada segura (por ejemplo, extracción del calor residual del reactor, válvulas*

de aislamiento del sistema, válvulas automáticas, ADS, válvulas de alivio, MSIV, etc).

- c) Cerramientos comunes (áreas, zonas, recintos, bandejas, conductos, paneles, cajas de conexiones, etc) con cables de parada segura (redundante o alternativa) y que no están eléctricamente protegidos mediante interruptores, fusibles, o dispositivos similares, ni impiden la propagación del fuego en la conducción o contenedor común, de modo que un incendio inducido podría acabar con la ignición del resto de cables que comparten canalización a lo largo de su recorrido y propagar el incendio a un área de fuego adyacente.*

Las definiciones anteriores coinciden con las proporcionadas por Instrucción de Seguridad 30 y la Guía de Seguridad 1.19, documentos regulatorios aplicables que a su vez refrendan los capítulos 3 y 4 de la referencia 3.

Por otro lado, dentro del apartado 4.4 de la referencia 2 se indica:

Los titulares deben desarrollar un análisis de parada segura que demuestre que, ante un incendio postulado en cualquier área de fuego de la central, es posible alcanzar y mantener la parada segura y, dentro de las 72 horas siguientes al inicio del incendio, se pueden recuperar todos los equipos y sistemas necesarios para poder alcanzar y mantener la parada fría.

El análisis identificará los sistemas, componentes y circuitos de parada segura y fría existentes en cada área de fuego y debe demostrar que se cumplen los requisitos incluidos en los apartados 8.3 a 8.8 de esta Guía.

En el apartado 8.3, se acepta como una metodología de análisis apropia-

da la descrita en los apartados 3 y 4 de la referencia 3. En el apartado 4.4 de este último documento se propone una aproximación para la identificación y análisis de MSO mediante la participación de un panel de expertos (PE) que cubran varias áreas de conocimiento con objeto de asegurar la calidad de los resultados obtenidos.

Desde el punto de vista metodológico debe tenerse en cuenta de forma especial que, aunque se pudieran producir sucesos de espurios múltiples en diversos escenarios afectando a distintos tipos de circuitos, se cumplirá, en función de la separación de divisiones establecida en la central, el requisito previo que se indica en el inicio del apartado 8.4, punto 5:

Los cables de los circuitos asociados deben protegerse de los daños producidos por un incendio mediante los criterios de separación y protección incluidos en los apartados 8.3.1, 8.3.2 y 8.3.3, o bien mediante los métodos específicos [...]

Central Nuclear de Cofrentes	ANÁLISIS DE APLICABILIDAD DE LOS CASOS DESCRITOS EN LA TABLA G-1 DEL NEI-00-01, REV. 2	
Sistema:	Caso:	Aplicable a:
Descripción:		
Análisis preliminar:		
Recomendaciones:		
Análisis detallado:		
Conclusiones:		
Documentación de referencia:		
Incluido en EPS:	Incluido en APS:	
Requiere informe de notificación al CSN:	Identificación:	

Figura 1. Hoja de análisis.

En general, una vez llevado a cabo el desarrollo del Estudio de parada segura (EPS), se dispondrá de alguna de las separaciones establecidas en los apartados 8.3.1, 8.3.2 o 8.3.3 citados o existirá una exención aprobada aplicable de acuerdo con el punto 3.2.5-1-d. En tal caso, no será necesario implantar ninguno de los métodos específicos de mitigación que se resumen a continuación, de acuerdo con el apartado 8.4 de la referencia 2, punto 5b):

En el caso de una actuación espuria, ésta se considera mitigada si se satisface uno de los siguientes criterios:

- 1) Se han provisto medios que aislen el equipo y componentes del área de fuego antes de que se produzca el incendio (por ejemplo, corte de alimentación eléctrica, apertura de circuitos).
- 2) Se han provisto los medios necesarios para conseguir el aislamiento eléctrico que evite las actuaciones espurias. Estos medios son mecanismos de aislamiento tales como interruptores, fusibles, conmutadores de control, amplificadores, transformadores de intensidad, acoplamiento de fibra óptica, relés, transductores, etc.
- 3) Se han provisto los medios para detectar actuaciones espurias y desarrollar procedimientos para mitigar la mal función de equipos (por ejemplo, mecanismos de bloqueo de válvulas si alguna válvula motorizada de alivio operara espuriamente, apertura de interruptores para evitar la actuación espuria de inyección de seguridad, etc.).

No obstante, estos medios existen además en muchos casos ya previstos

por el diseño original, con lo que se logra un refuerzo del concepto de defensa en profundidad.

En lo que sigue se describe el proceso seguido por la Central Nuclear de Cofrentes (CNC) para llevar a cabo el análisis de espurios múltiples en cumplimiento de las normas reguladoras anteriores.

ABREVIATURAS UTILIZADAS

- APS: Análisis probabilista de seguridad.
- CNC: Central Nuclear de Cofrentes.
- EPS: Estudio de parada segura en caso de incendio.
- ESC: Estructuras, sistemas y componentes de parada segura.
- IIC: Iberdrola, Ingeniería y Construcción.
- MSO: Siglas en inglés de *Multiple Spurious Operations*.
- OPE: Sección de Operación de CNC.
- PE: Panel de expertos.
- STP: Sección de Servicio Técnico - Proyectos de CNC.
- STS: Sección de Servicio Técnico - Sistemas de CNC.

DESARROLLO DEL ANÁLISIS

Revisión preliminar de MSO inducidos por incendio

Inicialmente, se llevó a cabo una revisión de los casos de la tabla G-1 (*BWR Generic MSO List*) de la referencia 3 con los siguientes criterios:

- a) Se excluyeron los escenarios o sucesos que cumplían alguna de las siguientes condiciones:

- Los componentes descritos en el caso no existen en la planta y el escenario no es aplicable a componentes o sistema similares.
- Las características específicas de la planta impiden la generación del escenario o el MSO no afecta a las funciones relacionadas con la parada segura.

Adicionalmente, se tuvieron en cuenta las previsiones descritas en el apartado 4.4.1.1, *Review of the generic MSO List for Applicability*, de la referencia 3.

En estos casos se consignó como no aplicable en los apartados correspondientes de la ficha de análisis (Figura 1).

- b) La elaboración de un nuevo APS de incendios basado en la metodología de la referencia 4, cuyos criterios de selección de equipos y cables (tareas 02 y 03, referencia 4) coinciden con los utilizados en el análisis determinista (tareas 3.2 y 3.3, referencia 3), permiten asegurar la identificación de combinaciones no evidentes de espurios que puedan afectar a la capacidad de parada segura en la forma que se propone en el apartado 4.4.1.2 de la referencia 3. Concretamente, la postulación sistemática de espurios simples teniendo en cuenta el modo de fallo de componentes y cables (especialmente, cortocircuitos) permite obtener los MSO, en caso de existir, en los distintos escenarios analizados o cuantificados con la metodología probabilista.

Los casos aplicables de la tabla G-1 que se incorporaron a los modelos del APS se identificaron consignando la notación SÍ en la casilla "Incluido en APS" de la ficha de análisis.

- c) De la misma forma que en el caso anterior, la elaboración de un nuevo análisis determinista (EPS) con los criterios y requisitos actuales, supone la identificación de todo tipo de escenarios relacionados con MSO, en caso de existir, en la forma que se propone en el apartado 4.4.1.3 de la referencia 3.

Igualmente, los casos aplicables de la tabla G-1 que se incorporaron en las descripciones de pérdidas de los análisis por áreas de incendios del EPS se identificaron consignando la notación SÍ en la casilla "Incluido en EPS" de la ficha de análisis.

Constitución del panel de expertos

Los expertos adscritos al panel pertenecían a los siguientes servicios y

organizaciones con las áreas de conocimiento y funciones que se describen a continuación, con distinto grado de participación según los casos y necesidades:

A) Servicio técnico-proyectos de CNC (STP-CNC)

Áreas de experiencia y conocimiento: proyecto en general y seguridad nuclear. Análisis eléctrico, mecánico y de instrumentación y control. Condiciones de parada segura, funciones de seguridad, sistemas frontales y soportes. Sistemas ECCS y BOP. Separación y protecciones contra incendios. Disposición física. Control de la configuración. Procedimientos en general. Cálculos.

Funciones: revisión general de la lista de MSO generada por los analistas de EPS. Resolución de casos. Análisis y elaboración de recomendaciones y estudios.

B) Servicio técnico-sistemas de CNC (STS-CNC)

Áreas de experiencia y conocimiento: funcionamiento y mantenimiento de sistemas. Modos. Criterios de éxito. Condiciones de proceso. Puesta a punto. Parámetros de actuación y condiciones ambientales, radiación, humedad, temperatura, etc. Cualificación de equipos. Pruebas periódicas. Requisitos de vigilancia.

Funciones: revisión y asesoramiento en cuestiones relacionadas con el funcionamiento, pruebas y disponibilidad de ESC o la cualificación de equipos.

C) Operación de CNC (OPE-CNC)

Áreas de experiencia y conocimiento: operación de la central en todos sus modos. Operación de sistemas y componentes. Procedimientos de operación normal, anormal y de emergencia. Pruebas periódicas. Requisitos de vigilancia. Especificaciones técnicas. Descargos. Mantenimientos a potencia. Programas de recarga. Pruebas especiales. Rondas.

Funciones: revisión y asesoramiento en cuestiones relacionadas con la operación, pruebas y disponibilidad de ESC y la vigilancia de parámetros.

D) Protección contra incendios de CNC (PCI-CNC)

Áreas de experiencia y conocimiento: medios de protección contra incendios. Detección y extinción. Separaciones y protecciones pasivas. Pruebas y simulacros de incendio.



Funciones: revisión y asesoramiento en cuestiones relacionadas con la instalación y funcionamiento de medios de detección y extinción, separaciones cualificadas contra incendios, cargas de materiales combustibles y vigilancia de estos.

E) Análisis probabilista de seguridad de IIC (APS-IIC)

Áreas de experiencia y conocimiento: análisis probabilista de seguridad. Modelos. Sucesos iniciadores. Frecuencias de ignición. Secuencias de accidente. Árboles de fallo y de propagación. Datos de fiabilidad de equipos. Análisis termo-hidráulico. Fiabilidad humana en acciones de operador, detección y extinción. Modelos de simulación de incendios. Fallos de causa común. Cuantificación de secuencias. Obtención y análisis de resultados.

Funciones: verificación general de la lista de MSO y asesoramiento en cuestiones relacionadas con los modelos probabilistas. Esta actividad se documentó mediante las Hojas de Verificación de Proyecto utilizadas en la tarea de revisión.

F) Estudio de parada segura en caso de incendio de IIC (EPS-IIC)

Áreas de experiencia y conocimiento: metodologías de análisis determinista, proyecto en general y seguridad nuclear. Análisis eléctrico, mecánico y de instrumentación y control. Condiciones de parada se-

gura, funciones de seguridad, sistemas frontales y soportes. Bases de datos de cables. Disposición física de conducciones eléctricas y equipos. Modos de fallo de cables y equipos. Instrumentación de monitorización de variables.

Funciones: elaboración de la lista preliminar y final de MSO. Complimentación de fichas y emisión de conclusiones y recomendaciones. Recopilación y coordinación de la incorporación de comentarios del resto de áreas. Documentación del proceso en el informe correspondiente.

Actuación del panel de expertos

Para la actuación del PE se utilizaron tres formas:

a) Mediante reuniones. Los acuerdos adoptados se incorporaron en los apartados correspondientes de las *Hojas de análisis* (Figura 1).

b) Mediante la emisión de documentación soporte como informes, análisis, dictámenes técnicos o solicitudes de cambio en planta. Las conclusiones y decisiones de estos informes se incluyeron en las *Hojas de análisis* afectadas citando el documento en el apartado de Referencias.

c) Mediante comentarios escritos en los casos en que se considerara necesario. Esta posibilidad no llegó a utilizarse formalmente aunque se trasladaron siempre las comunicaciones por correo a las fichas en los casos necesarios.

Como soporte formativo inicial se dispuso del apéndice F, hojas F-10 a F-28 de la referencia 3 y, si era necesario, el resto del NEI-00-01, Rev. 2.

Las bases generales de actuación, tomando como punto de partida el apartado 4.4.3 de la referencia 3, se resumen a continuación describiendo el proceso seguido:

- Revisión de la lista genérica de MSO para determinar su aplicabilidad incluyendo posibles escenarios asimilables (apartados 4.4.3.1 y 4.4.3.2 de la referencia 3).

Una vez completado el apartado "Análisis preliminar" de las *Hojas de análisis* de acuerdo con el apartado 5.1, se revisaron las conclusiones iniciales para determinar la aplicación correcta de los criterios de exclusión así como la extrapolación de escenarios no aplicables a otros similares que sí puedan darse en la planta (por ejemplo, escenarios relativos a un sistema análogo).

En los casos aplicables se determinaron las justificaciones necesarias mediante análisis detallados, en los casos en los que el análisis preliminar concluía que se requería un mayor desarrollo. En muchos casos, el análisis detallado consistió en la postulación del suceso en la elaboración de los nuevos EPS y el APS y la evaluación de los efectos sobre los caminos de parada segura en función de las separaciones consideradas en los distintos escenarios. En general, se cumplieron las condiciones 8.3.1, 8.3.2 o 8.3.3 de la referencia 2. En los casos particulares donde fue necesario se solicitaron los análisis de ingeniería, termo-hidráulica u otros para decidir la plausibilidad del suceso postulado. Finalmente, se emitieron las recomendaciones de cambios o mitigación identificadas como mejoras necesarias.

Toda la información generada se incorporó en la *Hojas de análisis* con objeto de documentar el proceso.

- Identificación de escenarios específicos (apartados 4.4.3.3, 4.4.3.4 y 4.4.3.5 de la referencia 3).

La reelaboración de los análisis EPS y APS se llevó a cabo teniendo en cuenta los criterios de postulación de MSO, tanto los genéricos aplicables, como cualquier combinación de espurios simples que pudiera dar lugar a un MSO en un escenario de incendio determinado. Esto incluye la utilización de planos mecánicos (P&ID y otros) y esquemas eléctricos (ED) de manera exhaustiva tomando como base de partida el cumplimiento de las funciones de seguridad y la separación de redundancias dentro de los caminos de parada segura. De esta forma se asegura la identificación sistemática de este tipo de sucesos, su evaluación y la adopción de medidas de mitigación si fueran necesarias.

Las conclusiones y hallazgos del EPS y el APS se incorporaron en la Hojas de análisis en los casos aplicables de forma que se dispusiera de una documentación del proceso fácilmente revisable.

El PE revisó el proceso seguido confirmando los resultados obtenidos o requiriendo aclaraciones adicionales a partir del examen de los documentos básicos emitidos, así como de la incorporación de las conclusiones sobre los análisis de MSO recopiladas en un informe específico.



Este último constituye el producto final y contiene la totalidad de las Hojas de análisis elaboradas, así como posibles MSO específicos identificados en el proceso que requieran justificación o acciones en función de su impacto en los caminos de parada segura o la cuantificación de secuencias de accidente.

Documentación de los análisis, conclusiones y recomendaciones

Las conclusiones de la revisión inicial se documentaron en el apartado "Análisis preliminar" de la ficha de Ficha de análisis, cumplimentando asimismo los apartados de "Referencias", "Incluido en EPS", "Incluido en EPS" y, si es necesario, los apartados de "Recomendaciones" y "Análisis detallados" cuando eran aplicables.

A medida que se fue disponiendo de resultados de análisis del EPS o el APS y de las conclusiones del PE, se modificaron o completaron los apartados "Análisis detallados" y "Recomendaciones", cuando eran aplicables, y se cerraba el apartado "Conclusiones" con el acuerdo del PE.

El conjunto de las fichas genéricas cumplimentadas, más los casos de MSO específicos identificados que tenían un impacto significativo en el mantenimiento de la capacidad de parada segura en caso de incendio o constituían secuencias de daño al núcleo por sí solos, se incorporaron en un documento final único y separado del estudio de parada segura y del APS, para facilitar su revisión. El documento citado contiene también la aproximación llevada a cabo para el análisis del resto de circuitos asociados (fuentes de alimentación y cerramientos comunes), completando el alcance.

Finalmente, en cumplimiento de la disposición transitoria segunda de la referencia 1, se transmitieron al CSN los hallazgos relacionados con circuitos asociados, y dentro de estos de los MSO, que requieran, en principio, una adaptación o una justificación sobre su impacto en los caminos de parada segura.

DESCRIPCIÓN DE LA HOJA DE ANÁLISIS

De forma detallada, los apartados de la Hoja de análisis contienen la siguiente información:

Datos extraídos de la tabla genérica G-1 (Referencia 3):

- Sistema: MPL del sistema o sistemas relacionados con el MSO descrito.
- Caso: identificación del caso en la tabla G-1 de la referencia 3.
- Aplicable: columna *Plant Type* de la tabla G-1.
- Descripción:
 - Cuadro izquierdo: transcripción de la columna *Scenario Description*.
 - Cuadro derecho: transcripción de la columna *Notes*.

Las transcripciones fueron literales, sin traducir para evitar ambigüedades.

Información adicional y análisis incorporados:

- Análisis preliminar: siguiendo los pasos de análisis y cribado propuestos en la referencia 3, se elaboró este apartado con dos objetivos:
 - a) Determinar la aplicabilidad del suceso en función de las características específicas de la central y de la existencia o no de situaciones similares.
 - b) Disponer de una primera aproximación al suceso en los casos

aplicables para facilitar el posterior desarrollo del análisis detallado cuando se requiriera.

- Recomendaciones: descripción de las recomendaciones adoptadas a partir de las conclusiones de los análisis preliminar o detallado
- Análisis detallados: según los casos, se decidió su incorporación a los análisis y modelos de EPS y APS, la justificación mediante estudios más detallados o, en caso necesario, la adopción de medidas de mejora.
- Conclusiones: descripción de la resolución final sobre el caso descrito.
- Documentación de referencia: documentación de proyecto u otra utilizada en el análisis o en las conclusiones.
- Incluido en EPS: Sí/NO, en función de la decisión tomada sobre la exclusión inicial o el tipo de análisis a realizar.
- Incluido en APS: Sí/NO, en función de la decisión tomada sobre la exclusión inicial o el tipo de análisis a realizar.
- Requiere informe de notificación al CSN: Sí, cuando se ha transmitido siguiendo el proceso regulador en relación con los circuitos asociados establecido en la IS-30, Rev.1. NO, en otro caso.
- Identificación: carta de transmisión al CSN, si aplica.

Aunque el documento refrendado en la norma reguladora es la revisión 2 del NE-00-001, se incluyeron también los casos añadidos en la revisión 3 disponible en el momento del análisis. Las revisiones utilizadas se identificaron en el título de cada Hoja de análisis.

CONCLUSIONES

De forma general, el diseño en origen de C.N. Cofrentes incluye el concepto de circuitos asociados y dispone de los necesarios desacoplamientos coordinados para la correcta selectividad de los interruptores. Los circuitos, tanto los divisionales como los no divisionales, están provistos de las protecciones eléctricas necesarias para que un fallo no se propague a las fuentes de alimentación comunes. En el caso de espurios múltiples, y, en general, en todos los casos de circuitos asociados, la separación existente entre divisiones permite mantener en escenarios de incendio siempre al menos un camino de parada segura intacto.

De forma particular, se resumen a continuación los casos que se determinaron como aplicables y reporta-

bles de la lista genérica de la tabla G-1 de la referencia 3, así como dos casos específicos adicionales, y las soluciones adoptadas:

- 1) Caso 2q. Apertura espuria de válvulas de retención de aislamiento con mecanismo de comprobación en líneas de inyección de ECCS de alta y baja presión. El estudio de detalle llevado a cabo por la Ingeniería determinó que estos escenarios eran descartables en función de los distintos estados de operación (presión del reactor) y las condiciones funcionales de los actuadores de las válvulas.
- 2) Casos 2x y 2y. Retorno al tanque de condensado aspirando desde la piscina de supresión con los sistemas de alta presión (HPCS o RCIC). Para su resolución se implantaron las medidas con el objetivo de impedir la apertura indeseada inducida por incendio de las líneas de retorno al tanque de condensado.
- 3) Caso 3a. Apertura espuria de las válvulas de alivio y seguridad (SRV). Se elaboraron análisis termo-hidráulicos específicos para este escenario concluyendo que existe en todos los casos capacidad de mitigación mediante un solo tren de inyección de un sistema de alta presión con caudal de diseño suficiente (HPCS) o de inyección de baja presión (LPCS, LPCI A/B/C). Tras los análisis detallados de las áreas no se requirieron medidas adicionales. No obstante, se destacó el interés por dos escenarios de incendio en armarios de la sala de control (donde se requiere postular, entre otros sucesos, el abandono por pérdida de controles o de habitabilidad y la mitigación desde el panel de parada remota desacoplado) como un posible caso de mejora futura. En la actualidad, se han introducido cambios en el procedimiento de operación desde el panel de parada remota, cuando el incendio se origina en los paneles identificados, de forma que, en el peor de los casos, pueda hacerse frente al suceso con estrategias adecuadas.
- 4) Caso 5g. Interconexión entre divisiones eléctricas correspondientes a la barras de alimentación alternativa en recarga. Además de la separación física mediante seccionadores abiertos ya existentes, se reforzaron las medidas administrativas procedimentadas para evitar un alineamiento manual incorrecto.

5) Secundario abierto de transformadores de intensidad. Los análisis genéricos llevados a cabo en EE.UU., durante el desarrollo del estudio, demostraron que solo era posible el suceso en transformadores de intensidad de relación de transformación mayor que 1200:5 clasificando a los de menor relación en la categoría de increíble. Una vez descartados estos, y postulando posibles incendios secundarios inducidos o incluso explosiones en el resto (localizados en parques, generador principal, trafos y acometidas de las barras normales de 6,3 kV) se concluyó que en todos los escenarios, en el peor de los casos, se mantienen caminos de parada segura.

6) Escenarios de incendio asociados a barras normales con transferencia automática por pérdida de energía exterior a barras esenciales de 6,3 kV. Con objeto de evitar un posible disparo de los generadores diésel de emergencia por una secuencia de cargas incorrecta provocada por incendio en las barras o en el recinto donde se alojan, se mejoró la coordinación y selectividad de relés de protección que generan el disparo automático de los interruptores de interconexión aguas abajo instalados en las barras esenciales las cuales tienen una localización distinta y separada.

En conclusión, las acciones de mejora implantadas suponen un incremento de la defensa en profundidad respecto al mantenimiento de las funciones de seguridad en caso de incendio interior en las áreas de la central donde se alojan ESC incluidas en los caminos de parada segura.

REFERENCIAS

1. Instrucción IS-30, de 14 de marzo de 2013, del Consejo de Seguridad Nuclear, sobre requisitos del programa de protección contra incendios en centrales nucleares. (Rev. 1).
2. Guía de Seguridad 01.19 (19/01/2011), Requisitos del programa de protección contra incendios en centrales nucleares Aprobada por el Pleno del Consejo el 19 de enero de 2011.
3. NEI-00-01, Rev.2, Guidance for Post-Fire Safe Shutdown Circuit (Mayo 2009)
4. NUREG/CR-6850. Fire PRA Methodology for Nuclear Power Facilities.■