

Tercer Ejercicio. Seguridad Nuclear

Tema 3-A-18

Protección contra incendios en centrales nucleares.

Protección frente a inundaciones por fuentes internas en centrales nucleares.

Resumen

De acuerdo con el RINR, todas las centrales nucleares deben remitir junto con su solicitud de autorización de explotación un Estudio de Seguridad de la central que, entre otros aspectos, debe incluir el análisis y la evaluación de los riesgos derivados del funcionamiento de la instalación, y entre los que se incluyen los incendios y las inundaciones por fuentes internas.

Dichos análisis, para el caso de la protección frente a inundaciones por fuentes internas, se realizan siguiendo los criterios recogidos en las secciones 3.6.1 y 3.6.2 del NUREG 0800 "Standard Review Plan for the Review of Safety Analysis Reports for Nuclear Power Plants".

Adicionalmente, la Instrucción de Seguridad del CSN IS-25, sobre criterios y requisitos sobre la realización de los análisis probabilistas de seguridad y sus aplicaciones a las centrales nucleares, exige la realización, entre otros, de los Análisis Probabilistas de Incendios e Inundaciones internas.

La adecuada protección contra incendios (PCI) se obtiene mediante la implantación de un programa de PCI acorde a los criterios y requisitos establecidos en la Instrucción IS-30 del CSN.

1. Introducción

Existen en las centrales nucleares gran cantidad de salas y equipos, tanto de seguridad como de no seguridad, que por su impacto en la seguridad de la central requieren de una adecuada protección frente a los riesgos de incendio e inundaciones internas.

Es por ello que la Instrucción IS-27 del CSN [ref. 15] sobre criterios generales de diseño de centrales nucleares incluye en su articulado el criterio 3 "Protección contra incendios", en el que se establece que:

- 1) Las estructuras, sistemas o componentes (ESC) importantes para la seguridad deberán estar diseñadas y ubicadas de manera que se minimice la probabilidad de fuegos o explosiones y sus efectos, siempre de una forma que sea coherente con otros requisitos de seguridad.
- 2) Siempre que sea factible, y especialmente en zonas vitales de la central tales como el recinto de contención y la sala de control, se deberán utilizar materiales no inflamables y resistentes al calor.
- 3) Se deberán instalar sistemas de detección y de extinción del fuego de eficacia y

capacidad adecuadas, que deberán estar diseñados para minimizar los efectos adversos del fuego en las ESC importantes para la seguridad. Los sistemas de extinción de incendios deberán diseñarse de forma que, en caso de rotura o de operación indebida del sistema, la capacidad para realizar las funciones de seguridad de estas ESC no se vea afectada de forma significativa.

- 4) Se deberá disponer de las medidas de protección necesarias para limitar la propagación de incendios, garantizando que éstos se mantienen confinados en áreas resistentes al fuego.

Adicionalmente, y ya de forma más específica, en la Instrucción IS-30 [ref. 11] se regulan los criterios que deben satisfacer los programas de PCI de las centrales nucleares españolas en explotación.

En lo que a las inundaciones internas se refiere, de acuerdo con los criterios generales de diseño 2 y 4 de la Instrucción IS-27 [ref. 15], las ESC importantes para la seguridad deben estar protegidos frente a los efectos de fenómenos naturales y su combinación con condiciones normales y de accidente (por ejemplo roturas de tuberías inducidas por un seísmo) y frente a los efectos de fluidos derramados, que puedan resultar del fallo de equipos, en ambos casos en combinación con condiciones normales y de accidente.

Es por lo anterior que la central debe analizar y garantizar que en dichos escenarios no se ven afectados ESC importantes para la seguridad o que, en caso de que algunos se vean afectados, los equipos necesarios para alcanzar la parada segura están libres de daño.

Estos análisis se realizan siguiendo los criterios fijados en las secciones 3.6.1 y 3.6.2 del NUREG-0800 "Standard Review Plan for the Review of Safety Analysis Reports for Nuclear Power Plants".

La Instrucción IS-25 del CSN [ref. 16], sobre criterios y requisitos sobre la realización de los análisis probabilistas de seguridad y sus aplicaciones a las centrales nucleares, exige la realización, entre otros, de los Análisis Probabilistas de Seguridad (APS) de Incendios e Inundaciones internas.

En la realización de dichos APS se siguen las siguientes tareas generales: la identificación de los orígenes de incendios o de los focos de inundaciones presentes en la planta, la selección de aquellos orígenes o focos que pueden contribuir a la Frecuencia de Daño al Núcleo (FDN) y a la Frecuencia de Grandes Liberaciones Tempranas (FGLT) de manera significativa, la realización de simulaciones que reflejen la evolución del incendio o la propagación de la inundación, la determinación de los equipos afectados por el incendio o la inundación, la selección del suceso iniciador de internos que se produciría en los distintos escenarios y la cuantificación final considerando el suceso iniciador aplicable y los equipos afectados por el incendio o la inundación.

2. Protección contra incendios en centrales nucleares

2.1. Definiciones básicas

Acciones manuales del operador en caso de incendio: todas aquellas acciones necesarias para alcanzar y mantener la condición de parada segura tras un incendio y que se realizan:

- Fuera de la sala de control principal y del panel de parada alternativa en caso de incendio (o en su caso, de los paneles de parada alternativa en caso de incendio), o
- Para llevar a cabo la recuperación de dicha capacidad desde dentro de la sala de control.

Área o compartimento de fuego: sección de un edificio, o incluso edificio completo o área exterior, separado de otras áreas de fuego por barreras resistentes al fuego que garantizan la imposibilidad de propagación del fuego de esta área a otra, o viceversa, durante el tiempo de resistencia al fuego especificado.

Área de fuego importante para la seguridad en el ámbito de la protección contra incendios: área de fuego que contiene alguna ESC importante para la seguridad en el ámbito de la PCI. Dichas ESC importantes para la seguridad en el ámbito de la PCI incluyen, como mínimo, las necesarias para alcanzar y mantener la condición de parada segura en caso de incendio, así como aquellas otras que puedan impedir o influir negativamente en la mencionada capacidad de alcanzar y mantener la condición de parada segura; las que realicen funciones de seguridad, así como aquellas otras que puedan impedir o influir negativamente en la realización de dichas funciones de seguridad; y aquellas cuyo mal funcionamiento pueda provocar una liberación radiactiva al exterior.

Barreras resistentes al fuego: componentes de construcción (paredes, cerramientos, forjados), así como sellados, puertas, compuertas, cubrimientos resistentes al fuego de conducciones eléctricas, etc. que son cualificados por laboratorios aprobados como resistentes al fuego en un rango determinado de tiempo y son empleados para retardar la propagación del fuego durante un tiempo mínimo igual al de su cualificación.

Circuitos asociados en el ámbito de la protección contra incendios: circuitos eléctricos relacionados con la seguridad y no relacionados con la seguridad que, debido a un incendio, pueden afectar adversamente a la parada segura de la central. Estos circuitos asociados son los que:

1. No cumplen los criterios de separación indicados en el Artículo tercero de esta Instrucción del Consejo y
2. Cumplen una de las siguientes condiciones:
 - a) Tienen una fuente de alimentación común con el equipo de parada segura (redundante o alternativa), no protegida eléctricamente mediante interruptores debidamente coordinados, fusibles, u otros dispositivos.
 - b) Tienen una conexión con circuitos de equipos cuya operación espuria puede afectar adversamente a la capacidad de parada segura (por ejemplo, válvulas de interfase entre el sistema de extracción de calor residual y el de refrigeración del reactor, válvulas del sistema de despresurización automática, válvulas de alivio del presionador, otras válvulas de alivio y seguridad, válvulas de descarga rápida de vapor de los generadores de vapor, instrumentación, bypass de vapor, etc.).
 - c) Tienen un cerramiento común (por ejemplo conducciones eléctricas, paneles,

cajas de conexión) con cables de parada (redundante o alternativa), y no están eléctricamente protegidos mediante interruptores, fusibles, u otros dispositivos o permiten la propagación del incendio.

Estructuras, sistemas y componentes importantes para la seguridad en caso de incendio: incluirán, como mínimo, las ESC necesarias para alcanzar y mantener la condición de parada segura en caso de incendio, así como aquellas otras que puedan impedir o influir negativamente en la mencionada capacidad de alcanzar y mantener la condición de parada segura; las ESC que realicen funciones de seguridad, así como aquellas otras que puedan impedir o influir negativamente en la realización de dichas funciones de seguridad; y las ESC cuyo mal funcionamiento pueda provocar una liberación radiactiva al exterior.

Estructuras, sistemas y componentes necesarios para la parada segura en caso de incendio: son los que realizan las funciones necesarias para alcanzar y mantener la parada segura en esos escenarios.

Parada alternativa: se denomina así a la estrategia de parada utilizada para aquellas áreas o zonas donde, por un incendio, no están libres de daño todos los trenes redundantes y se utilizan sistemas que han sido reconducidos, relocalizados o modificados para alcanzar y mantener la parada segura.

Parada dedicada: se denomina así a la estrategia de parada que utiliza el sistema o conjunto de equipos, específicamente instalados, para alcanzar y mantener la parada segura mediante una vía o tren separado.

Parada fría: se denomina así al estado, condición o modo de operación del reactor en el que se cumplen las condiciones definidas al respecto en las Especificaciones Técnicas de Funcionamiento de la central.

Parada segura: se denomina así a aquella situación de la planta en la que el reactor se mantiene subcrítico, de acuerdo con la definición existente en las Especificaciones Técnicas de Funcionamiento de la central, estando garantizados la extracción del calor residual y el control del inventario del reactor, y no se producen liberaciones radiactivas al exterior.

Resistente al fuego: característica que un cierto material presenta al someterlo a las condiciones determinadas de la curva tiempo-temperatura estándar.

Tren redundante: conjunto de equipos o componentes que, de forma independiente, es capaz de llevar a cabo una función de seguridad.

Tren redundante de parada segura: tren redundante capaz de, por sí mismo, alcanzar y mantener la condición de parada segura.

Zona de fuego: toda subdivisión realizada dentro de un área o compartimento de fuego y que se emplea como unidad de estudio para la instalación de los sistemas específicos de protección activa (detección, control y extinción). Los criterios para el establecimiento de las zonas de fuego se basan en el tipo de material combustible existente, la valoración del riesgo de incendio y la severidad del incendio esperada.

2.2. Regulación en la protección contra incendios

La postulación de un incendio en una central nuclear que pudiera afectar a ESC

importantes para la seguridad, y la obligatoriedad de implantar un programa fiable de PCI, son requisitos reguladores respaldados por las exigencias de la propia seguridad nuclear, y plenamente justificados por tratarse de incidentes con una probabilidad de ocurrencia nada despreciable de acuerdo con la experiencia operativa de la industria nuclear.

Hasta la publicación en el año 2011 de la primera edición de la Instrucción IS-30 del CSN, no había en España regulación propia en materia de PCI aplicable a las centrales nucleares en operación, y consecuentemente las centrales nucleares españolas, por sus condiciones de licencia, habían tomado como referencia la normativa de PCI desarrollada en EE.UU a raíz del incendio de la central nuclear de Browns Ferry en 1975.

De esta forma, a las centrales nucleares españolas se les requería el desarrollo e implantación de un programa de PCI según los criterios generales incluidos en el Apéndice A al 10CFR50 [ref. 1] y en el 10CFR50.48 “Fire Protection” [ref. 10] que, entre otras cosas, exigían la implantación de un programa de PCI que les permitiese alcanzar y mantener la condición de parada segura, cualesquiera que fueran las consecuencias derivadas del mayor incendio postulado, y sin que se produjeran liberaciones de productos radiactivos al exterior.

Consecuentemente, el desarrollo en detalle de los requisitos exigidos al programa de PCI de cada una de las centrales nucleares españolas fue trasladado a sus bases de licencia recogiendo lo establecido en las diferentes revisiones del NUREG 0800 BTP 9.5-1 “Fire Protection Program” [ref. 2], el Apéndice R al 10CFR50 [ref. 8] y la RG 1.189 “Fire Protection for Nuclear Power Plants” [ref. 9].

En este contexto, y con el objeto de regular con carácter general los criterios aplicados por el CSN para requerir un programa de PCI acorde a las necesidades de una central nuclear y para armonizar los requisitos reguladores españoles con los acordados en WENRA [ref. 13], el CSN estimó la conveniencia de elaborar una Instrucción que regulara los requisitos aplicables al programa de PCI en las centrales nucleares españolas.

Es por ello que se publicó en el BOE número 40 de 16 de febrero de 2011 la Instrucción IS-30 del Consejo de Seguridad Nuclear sobre requisitos del programa de protección contra incendios en centrales nucleares. La experiencia en la aplicación de esta Instrucción, así como los avances que en esta materia se fueron sucediendo en el contexto internacional, propiciaron la conveniencia de revisar el contenido de la misma y, como consecuencia, en el BOE nº 63 de 14 de marzo de 2013 se publicó la Instrucción IS-30, revisión 1, de 21 de febrero de 2013, del Consejo de Seguridad Nuclear, sobre requisitos del programa de protección contra incendios en centrales nucleares, que se encuentra en vigor en la actualidad [ref. 11].

La Instrucción IS-30 [ref. 11] incluye todos los requisitos establecidos en el criterio general de diseño 3 del apéndice A al 10CFR50 [ref. 1], así como los recogidos en el propio 10CFR50.48 [ref. 10]. Además de lo anterior, incluye los requisitos procedentes del Apéndice R al 10CFR50 [ref. 8], de la BTP CMEB 9.5-1 del NUREG 0800 [ref. 2], y del Apéndice A a la BTP APCSB 9.5-1 del NUREG 0800 [ref. 2] que, siendo aplicables a la casuística española, el CSN ha considerado que debían ser comunes a todas las centrales nucleares españolas y de obligado cumplimiento.

Finalmente, la Instrucción IS-30 incorpora también todos los niveles de referencia del tema “Fire protection against internal fires” de WENRA [ref. 13].

2.3. La Instrucción IS-30 del CSN: alcance y objetivos

La Instrucción IS-30 [ref. 11] es de aplicación a los titulares de todas las centrales nucleares españolas con autorización de explotación y tiene por objetivo requerir a los mismos un programa de PCI y definir los criterios que debe cumplir dicho programa.

A este respecto, el programa de PCI debe considerarse como el conjunto de componentes, análisis, procedimientos, actividades, personal y recursos necesarios para definir y desarrollar todas las actividades de PCI que garantizan la prevención de incendios en las áreas con ESC importantes para la seguridad; su rápida detección y extinción en caso de que se produzcan; y su confinamiento en áreas de fuego diseñadas de modo que, ante cualquier incendio en cualquier área de fuego de la central, se puede alcanzar y mantener la parada segura, y que se minimiza la posibilidad de liberaciones radiactivas al exterior. Lo anterior incluye el propio sistema de PCI, el diseño de la instalación, la prevención de incendios, la detección, las alarmas, el confinamiento, la extinción, los controles administrativos, la organización de lucha contra incendios, la inspección y mantenimiento, el entrenamiento, la garantía de calidad, las pruebas, etc.

Con este propósito, la Instrucción IS-30 del CSN [ref. 11] establece dos objetivos de la seguridad contra incendios, que son:

- 1) la adopción del principio de defensa en profundidad en la PCI y
- 2) la garantía, mediante confinamiento en áreas de fuego, de que un incendio que no se pueda extinguir dejará libre de daño, al menos, uno de los trenes redundantes de parada segura, de forma que la central pueda alcanzar y mantener dicha condición de parada segura y que se minimice la posibilidad de liberaciones radiactivas al exterior.

La Guía de Seguridad GS-1.19 [ref. 12] del CSN establece una metodología aceptable para satisfacer los requisitos de la mencionada Instrucción IS-30 [ref. 11].

2.4. Criterios básicos y postulados generales de diseño del programa de PCI

Para satisfacer los anteriores objetivos de la seguridad contra incendios se establecen los siguientes criterios básicos y postulados generales de diseño:

2.4.1. Criterio de separación de sistemas importantes para la seguridad

Los edificios que contengan ESC y/o conducciones de cables importantes para la seguridad deberán estar diseñados como resistentes al fuego, subdivididos en áreas de fuego de modo que estas ESC y/o conducciones de cables importantes para la seguridad queden separados entre sí por barreras resistentes al fuego de, al menos, tres horas.

2.4.2. Criterio de defensa en profundidad

El sistema de PCI (y sus elementos complementarios) ha de cumplir los siguientes objetivos:

1. Que no se produzcan incendios, para lo que se implantan medidas administrativas y pasivas.
2. Que si se produce el incendio se detecte, se localice, se controle y se extinga lo antes posible, para lo que se instalan sistemas de detección y de extinción de incendios.
3. Que si no se extingue, no afecte a todos los trenes redundante de ESC importantes para la seguridad, de forma que la central pueda alcanzar y mantener la parada segura y que se minimice la posibilidad de liberaciones radiactivas al exterior, para lo que se utiliza el confinamiento en áreas de fuego.

2.4.3. Postulación de incendio

El postulado de incendio en un área de fuego incluye la combustión total de todo el material combustible que hay en el área afectada por el incendio y la pérdida de los equipos o componentes existentes en el área de fuego considerada.

2.4.4. Criterio de riesgo único

No se postula la existencia de dos incendios simultáneamente en dos áreas diferentes de la central. En centrales con dos o más unidades no se postula que ocurra un incendio, a la vez, en cada una de las unidades, pero sí se considerará un solo incendio que afecte a las instalaciones comunes.

2.4.5. Criterio de simultaneidad de causas.

No se postula incendio o fallos del sistema de PCI concurrente con el accidente base de diseño o con el fenómeno natural más severo. Sin embargo los sistemas de PCI deben diseñarse y construirse para mantener su funcionalidad ante otros fenómenos naturales de menor severidad y mayor frecuencia, específicos de cada emplazamiento.

El sistema de PCI debe analizarse para cargas debidas al SSE (terremoto de parada segura) y soportarse sísmicamente de modo que se mantenga la integridad del sistema. En caso de SSE, debe existir un sistema de extinción (subsistema sísmico) capaz de suministrar agua a los puestos de mangueras localizados (dentro o con cobertura) en aquellas áreas de fuego que contienen equipos requeridos para alcanzar y mantener la parada segura de la planta.

En el "peor de los casos" el incendio no debe postularse simultáneamente con un fallo o avería, independiente del incendio, de un sistema de seguridad.

Para el diseño del sistema de PCI se considerará la pérdida de alimentación eléctrica exterior.

2.4.6. Criterio de fallo único

No se dará fiabilidad a un único sistema de extinción. En cada área de fuego importante para la seguridad debe instalarse un sistema principal o primario de extinción y un sistema de apoyo.

El fallo único en algún elemento no debe dejar fuera de servicio a ambos sistemas, principal y de apoyo. Por ejemplo, ni el fallo de una bomba de PCI, ni una rotura en una línea de moderada energía en el sistema de extinción, debe dar como resultado

la pérdida de función conjuntamente del sistema de rociadores y el sistema de mangueras en un área protegida por tales sistemas principal y de apoyo.

Para conseguir lo anterior se debe recurrir a distribuciones anulares, válvulas de aislamiento, doble acometida a edificios, conexión a colectores diferentes o bien a la utilización de agentes extintores distintos.

2.4.7. Criterio de confinamiento en áreas de fuego

Se deben establecer barreras resistentes al fuego como límite de áreas de fuego de la central con el fin de evitar el desarrollo y propagación del incendio, facilitando las tareas de extinción.

La barrera debe estar homologada para resistencia al fuego de acuerdo con la correspondiente norma y el rango de tiempo exigido a la barrera. Este rango de resistencia al fuego (RF) aplicará así mismo a todos los componentes incluidos en la barrera (puertas, compuertas cortafuego, sellados de penetraciones a través de la barrera, cubrimientos de bandejas, etc.).

2.4.8. Criterio de daños por descarga del sistema de extinción

El fallo, la operación inadvertida, o la actuación espuria de un sistema de extinción no deben perjudicar a ESC importantes para la seguridad:

1. ni por descarga directa: para evitarlo se utilizarán combinaciones de sistemas de extinción de preacción con deflectores y orientaciones apropiadas de boquillas.
2. ni por inundación: para evitarlo se debe disponer de una combinación de drenajes adecuados y la instalación de pedestales en equipos de seguridad.
3. ni por activación: se utilizarán sistemas de detección cruzada o múltiple.

2.4.9. Criterio de accesibilidad a zona siniestrada

Para permitir una extinción total del incendio por medios manuales y evitar cualquier brote de reignición, se debe:

1. Establecer vías de acceso y escape, debidamente señalizadas, en todas las áreas/zonas de fuego de la central.
2. Establecer sistemas de extracción de humos en aquellas áreas/zonas donde, por el tipo de material combustible contenido, se prevea que un fuego provocaría la formación de humos densos o tóxicos.
3. Disponer de equipos de respiración autónoma para el acceso a dichas áreas/zonas.

2.4.10. Criterio de ventilación

En caso de incendio en un área de fuego de la central, el sistema de suministro de aire a dicha área debe quedar aislado mediante compuertas cortafuegos actuadas por fusible o eléctricamente por señal de los detectores de incendio. Por este motivo, el sistema de ventilación debe ser diseñado de forma que el corte de suministro de aire a un área de fuego definida no afecte al correcto funcionamiento de ESC de seguridad situadas en otras áreas de la central.

Los equipos de ventilación de las áreas de fuego que contienen equipos de seguridad necesarios para alcanzar y mantener la parada segura deben instalarse en áreas de fuego diferentes. Los conductos, tanto de impulsión como de retorno, al

atravesar áreas diferentes, tendrán compuertas cortafuegos de resistencia al fuego igual al de las barreras.

2.4.11. Criterio de compartición de estructuras, sistemas y componentes

No se compartirán ESC importantes para la seguridad entre unidades de una misma central, a menos que se demuestre que la disponibilidad para realizar las funciones de seguridad de ambas unidades no se ve afectada incluso en el caso de que un accidente afectara a una de ellas, pudiéndose alcanzar de forma ordenada la parada segura de las restantes unidades.

2.5. Compartimentación

Los edificios que contienen equipos y/o conducciones de cables importantes para la seguridad se diseñan como resistentes al fuego, subdivididos en áreas de fuego de modo que los equipos y/o conducciones redundantes de cables importantes para la seguridad queden separados entre sí por barreras resistentes al fuego de, al menos, tres horas (RF 3h).

Cuando esta separación por barreras de RF 3h no es posible, se utilizan zonas de fuego que contienen medios activos y pasivos (sistemas de detección y extinción, distancias, cubrimientos de conducciones resistentes al fuego, etc.) compensatorios y debidamente justificados en el análisis de riesgos de incendio.

La compartimentación en áreas de fuego con barreras resistentes al fuego garantiza que, aunque un incendio pueda afectar a todas las ESC de un área de fuego concreta, el mismo no se propagará hacia otras áreas de fuego y, por tanto, mediante el diseño del contenido de las áreas de fuego pueden limitarse los daños por incendio y asegurar que la central puede alcanzar y mantener la condición de parada segura y que se minimiza la posibilidad de liberaciones radiactivas al exterior.

2.6. Parada segura en caso de incendio

Una de las características más importantes del programa de PCI resulta ser la garantía de que, tras cualquier incendio en cualquier área de fuego de la central, es posible alcanzar y mantener la condición de parada segura. Para ello se implantan medios que limitan los daños que un incendio, en cualquier área de fuego, pueda ocasionar, y de manera que:

- a) Un tren de los sistemas necesarios para alcanzar y mantener las condiciones de parada segura desde la sala de control o desde el panel de parada alternativa en caso de incendio (o en su caso, los paneles de parada alternativa en caso de incendio) se mantenga libre de daños producidos por el fuego; y
- b) Los sistemas necesarios para alcanzar y mantener la parada fría desde la sala de control o desde el panel de parada alternativa en caso de incendio (o en su caso, los paneles de parada alternativa en caso de incendio) puedan ser reparados dentro de las 72 horas siguientes al inicio del incendio.

Esto se consigue evitando la coincidencia de todos los trenes redundantes en una única área de fuego. Como esto no es siempre posible, en las áreas de fuego donde coincidan todos los trenes redundantes de parada segura (incluyendo sus circuitos

asociados) se establece una de las siguientes medidas:

1. Fuera del edificio de contención:

a) Separación de cables, equipos y circuitos asociados (de seguridad y no seguridad) del tren redundante de parada segura considerado como libre de daño tras incendio total en el área de fuego respecto de los demás trenes redundantes de parada segura por barreras con una resistencia al fuego de tres horas. Los perfiles estructurales de acero que formen parte o soporten tal barrera resistente al fuego deberán protegerse para conseguir asimismo una resistencia al fuego de tres horas.

b) Separación de cables, equipos y circuitos asociados (de seguridad y no seguridad) del tren redundante de parada segura considerado como libre de daño tras incendio total en el área de fuego respecto de los demás trenes redundantes de parada segura por una distancia horizontal de más de 6 metros, sin combustible intermedio (incluyendo como tal a los cables) ni fuentes de ignición. Además deberán instalarse en el área detectores de incendio y un sistema fijo de extinción automático.

c) Separación de cables, equipos y circuitos asociados (de seguridad y no seguridad) del tren redundante de parada segura considerado como libre de daño tras incendio total en el área de fuego respecto de los demás trenes redundantes de parada segura por barreras con una resistencia al fuego de 1 hora. Además deberán instalarse en el área detectores de incendio y un sistema fijo de extinción automático.

d) Otros medios, equivalentes a alguno de los tres anteriores, y que a solicitud del titular de la autorización de explotación de la central nuclear obtengan una apreciación favorable del CSN.

2. Dentro de edificios de contención no inertizados se puede optar por una de las medidas enumeradas anteriormente o por uno de los siguientes medios:

a) Separación de cables, equipos y circuitos asociados del tren redundante de parada segura considerado como libre de daño tras incendio total en el área de fuego respecto de los demás trenes redundantes de parada segura por una distancia horizontal de más de 6 metros sin combustible intermedio o fuentes de ignición.

b) Instalación en el área de un sistema de detección de incendios y de un sistema fijo de extinción

c) Separación de cables, equipos y circuitos asociados del tren redundante de parada segura considerado como libre de daño tras incendio total en el área de fuego respecto de los demás trenes redundantes de parada segura por barreras resistentes al fuego de al menos 30 minutos, siempre que en el análisis de riesgos de incendio se demuestre que con esta barrera se garantiza la no propagación de un fuego a todos los trenes redundantes de parada segura.

Aun así, existen áreas de fuego en las que, por su especial diseño, no es posible satisfacer ninguna de las anteriores alternativas, como por ejemplo la sala de control principal de la central. Para estas áreas de fuego se dispone de capacidad de parada alternativa o dedicada, independiente de los cables, componentes y sistemas del área bajo consideración.

Existe además otra alternativa válida para el CSN para que los titulares de la

autorización de explotación de una central puedan garantizar la capacidad de alcanzar y mantener la condición de parada segura en caso de incendio, que es el seguimiento de una metodología informada por el riesgo y basada en prestaciones previamente aceptada por el CSN que lo demuestre. Según se establece en la Guía GS 01.19 del CSN [ref. 12], esta metodología es la incluida en la norma NFPA 805 ‘Performance-Based Standard for Fire Protection for Light Water Reactor Electric Generating Plants’ [ref. 14].

Para acogerse a la mencionada metodología y poder garantizar mediante la misma la capacidad de alcanzar y mantener la condición de parada segura de la central tras un incendio, el titular de la autorización de explotación de la central nuclear debe solicitar formalmente el cambio de su base de licencia de modo que se sustituyan los requisitos aplicables de la Instrucción IS-30 [ref. 11] descritos previamente por los de dicha metodología.

2.7. Documentación asociada al programa de PCI

La adecuación del programa de PCI de cada central nuclear a sus bases de diseño y la demostración del cumplimiento de los dos objetivos de la seguridad contra incendios quedan reflejados en una serie de documentos, entre los que destacan:

2.7.1. Análisis de riesgos de incendio:

Es el análisis utilizado para evaluar la capacidad de la planta para mantener la capacidad de parada segura y minimizar las fugas radiactivas al exterior en caso de un incendio. Incluye la identificación de riesgos de incendio fijos y transitorios, la identificación y evaluación de los medios de protección y prevención relativos a los riesgos de incendio y la evaluación del impacto del incendio en cualquier área de la planta para alcanzar la parada segura y mantener las condiciones de dicha parada, así como minimizar y controlar la liberación de material radiactivo al exterior.

Por tanto, en este análisis se demuestra que se satisfacen los objetivos de la seguridad contra incendios, que se cumplen las bases de diseño, que los sistemas activos y pasivos de PCI están apropiadamente diseñados y que los controles administrativos están debidamente implantados.

En algunos casos, este análisis de riesgos de incendio se incluye en el propio Estudio de Seguridad de la central.

2.7.2. Análisis de parada segura:

Es el proceso o método de identificación y evaluación de las ESC necesarias para alcanzar y mantener las condiciones de parada segura en caso de incendio.

En este análisis, partiendo de la identificación de los trenes redundantes de parada segura considerados en la central, se demuestra que, ante un incendio postulado en cualquier área de fuego de la central, es posible alcanzar y mantener la parada segura y, en las 72 horas siguientes al inicio del incendio, tener recuperados todos los equipos y sistemas necesarios para alcanzar y mantener la parada fría. El análisis identifica los sistemas, componentes y circuitos de parada segura y fría existentes en cada área de fuego y demuestra que se cumplen los requisitos del anterior apartado 2.6.

2.7.3. Manual de PCI:

En este documento se describe la organización encargada de la lucha contra incendios, la estrategia de lucha contra incendios definida para cada área de fuego, los simulacros, y el establecimiento, formación, entrenamiento, aptitud y medios de la brigada de PCI.

Además de los anteriores documentos, hay que mencionar el Estudio de Seguridad de las centrales, que incluye un capítulo exclusivo a la PCI, las Fichas de actuación en caso de incendio (FAI), el APS de incendios de nivel 1 y diversos procedimientos y ayudas a la brigada de PCI y al turno de operación.

2.8. El sistema de PCI

El sistema de PCI está constituido por el conjunto de estructuras, equipos y componentes de detección, alarma y extinción que han sido diseñados, instalados y mantenidos de acuerdo al programa de PCI. Aunque no es un sistema relacionado con la seguridad en las centrales nucleares, pues no se diseña para hacer frente a ninguno de los accidentes base de diseño de las mismas, tal y como se indicó anteriormente resulta ser un sistema significativo para el riesgo.

En lo que a la detección y alarma se refiere, hay que destacar que cada área de fuego y/o zona que contenga ESC (incluyendo los cables) importantes para la seguridad está equipada con medios de detección y alarma local de incendios y con alarma e indicación de la ubicación del incendio al personal de sala de control. Estos medios se alimentan de un suministro de corriente eléctrica principal y de otro suministro alternativo de alimentación autónoma independiente mediante baterías de cuatro horas de autonomía y de modo que es posible, en este plazo de cuatro horas, acoplar la alimentación a un suministro mediante generador diésel o batería de 24 horas.

Se instalan sistemas de extinción manual o automática, fijos o portátiles según se justifica en el análisis de riesgos de incendio. Estos sistemas están diseñados y localizados de forma que su fallo, rotura, operación espuria o inadvertida no impide la capacidad de las ESC importantes para la seguridad de llevar a cabo sus funciones.

De cualquier manera, se emplean medios de PCI específicos y adecuados para las áreas de fuego que, por sus propias características, presenten riesgos de incendio particulares o un especial impacto en la seguridad.

Además del CO₂, del FE-13 o del FM-200, el agente extintor más utilizado es el agua, y su distribución se efectúa mediante un anillo principal exterior y exclusivo para este servicio. Dicho anillo cuenta con válvulas de aislamiento por tramos, enclavadas en posición abierta, cuya finalidad es aislar parte del anillo principal para mantenimiento o reparación, sin que ello suponga la pérdida del suministro de agua a los sistemas de extinción primario y de apoyo que la requieran y que sirvan a áreas que contengan equipos importantes para la seguridad. Además, el anillo dispone de doble acometida a edificios que contienen ESC de seguridad.

El anillo de PCI proporciona suficiente cobertura a los hidrantes en los exteriores de los edificios, a las bocas de incendio equipadas que protegen el interior de los edificios de la planta y a los sistemas fijos de extinción. Se alimenta de dos fuentes separadas de suministro de agua (los lagos, ríos o estanques de agua de capacidad

suficiente, se pueden calificar como fuente única de suministro de agua contra incendios, pero requieren aspiraciones separadas y redundantes en una o más estructuras de toma) cuya capacidad se calcula sobre la base del mayor consumo esperado en un período de 2 horas.

El equipo de bombeo está constituido por un número suficiente de bombas como para asegurar el 100% de la capacidad de caudal y presión requeridos asumiendo el fallo de la bomba de mayor capacidad (por ejemplo, tres bombas del 50% o dos del 100%) y/o la pérdida de potencia exterior. Dicho requisito se puede cumplir mediante alguna de las siguientes alternativas:

- 1) Empleo de una o más bombas accionadas por motores eléctricos y una o más bombas accionadas por un motor diésel o
- 2) Uso de dos o más bombas accionadas por motores eléctricos de categoría sísmica I Clase 1E, conectados a barras eléctricas redundantes de emergencia Clase 1E.

Como se mencionó anteriormente, aunque no se postula incendio o fallos del sistema de PCI concurrente con accidentes base de diseño o con el fenómeno natural más severo, para el caso de SSE, existe un sistema de extinción (subsistema sísmico) capaz de suministrar agua a las bocas de incendio equipadas de aquellas áreas de fuego que contienen equipos necesarios para realizar la parada segura de la planta (localizadas dentro o con cobertura).

Además, se instalan unidades autónomas de iluminación de emergencia con baterías individuales de, al menos, 8 horas de autonomía en las áreas donde se realicen acciones manuales del operador en caso de incendio y en la ruta, desde el origen que corresponda, hasta estas áreas. Adicionalmente, las rutas de acceso y escape de todas las áreas de fuego de la central con ESC importantes para la seguridad disponen de unidades autónomas de iluminación de emergencia con baterías individuales de, al menos, 4 horas de autonomía. Del mismo modo, se dispone de un sistema de comunicaciones de emergencia independiente del sistema normal, bidireccional, y con alcance a todas las áreas de la planta con ESC importantes para la seguridad.

2.9. Organización de la lucha contra incendios

El programa de PCI incluye la implantación de la organización que lleva a cabo las acciones derivadas de la lucha contra incendios y del análisis de riesgos de incendio. En esta organización se identifican las personas responsables de llevar a cabo los requisitos relacionados con la PCI (lucha contra incendios, mantenimiento, control de materiales combustibles, entrenamiento, pruebas, ejercicios y simulacros, modificaciones de diseño, etc.).

Se establece una brigada de protección contra incendios debidamente equipada, formada y entrenada, que se compone de las personas encargadas de la lucha contra incendios como respuesta a un incendio en la planta.

De esta manera se desarrolla, mantiene actualizada y entrenada, una estrategia de lucha contra incendios que cubre todas las áreas de fuego en las que un incendio pueda afectar a ESC importantes para la seguridad definiendo las estrategias para la

lucha contra incendios aplicables y que, como mínimo, incluye el riesgo de incendio cubierto, los sistemas de extinción a utilizar, los componentes necesarios para la parada segura y las funciones de seguridad que pueden verse afectadas por el incendio, otros riesgos potenciales asociados (tóxicos, radiológicos, o cualquier otro que pueda afectar a las labores de la brigada contra incendios), rutas de acceso y escape, y las instrucciones básicas necesarias para acometer la extinción del incendio.

Además de lo anterior las centrales nucleares cuentan con convenios y protocolos de colaboración con organizaciones externas a la central para que, en caso necesario, pueden colaborar en las labores de extinción de incendios.

3. Protección frente a inundaciones por fuentes internas en centrales nucleares

En las centrales nucleares, hay gran cantidad de salas y equipos, de seguridad y de no seguridad, que deben estar protegidos ante posibles riesgos derivados de inundaciones internas.

De acuerdo con el Apéndice A del 10 CFR 50 [ref. 1], trasladado a la Instrucción IS-27 [ref. 15], existen dos criterios generales de diseño que afectan a los análisis de inundaciones internas que son:

- General Design Criterion 2 “Design basis for protección against natural phenomena”: Establece los criterios de protección de las ESC importantes para la seguridad contra los efectos de fenómenos naturales y su combinación con condiciones normales y de accidente. Este criterio aplica en el caso de inundaciones internas a las roturas de tuberías producidas por terremotos.
- General Design Criterion 4 “Environmental and dynamic effects design bases”: Establece los criterios de protección de las ESC importantes para la seguridad contra los efectos de fluidos derramados, que puedan resultar del fallo de equipos en combinación con condiciones normales y de accidente.

De acuerdo con el RINR, todas las centrales nucleares deben remitir junto con su solicitud de autorización de explotación un Estudio de Seguridad de la central que, entre otros aspectos, debe incluir el análisis y la evaluación de los riesgos derivados del funcionamiento de la instalación, y entre los que se incluyen las inundaciones por fuentes internas.

Dichos análisis se realizan siguiendo los criterios recogidos en las secciones del NUREG-0800 “Standard Review Plan for the Review of Safety Analysis Reports for Nuclear Power Plants”, que se recogen a continuación:

- Sección 3.6.1 “Plant design for protection against postulated piping failures in fluid systems outside containment”: Define la evaluación del diseño que se debe incluir en el Estudio Final de Seguridad para verificar la adecuada protección contra roturas de tuberías fuera de contención y contra los efectos ambientales resultantes de dichas roturas incluyendo rociado, chorro, efecto látigo,

inundación, etc. Se desarrolla con más detalle en la “Branch Technical Position” asociada.

- Sección 3.6.2 “Determination of rupture locations and dynamic effects associated with the postulated rupture of piping”: Define los criterios para la postulación de grietas y roturas en tuberías. Se desarrolla con más detalle en la “Branch Technical Position” asociada.

La revisión aplicable de las secciones del NUREG-0800 a las distintas centrales nucleares españolas depende del momento en que las mismas fueron construidas.

En el año 2009, con el objetivo de aclarar la normativa aplicable a las bases de diseño sobre inundaciones internas y otras condiciones derivadas del análisis probabilista de seguridad, e implantar la obligatoriedad de la existencia de un Manual de Protección Contra Inundaciones Internas con el fin de mantener los niveles de riesgo dentro de unos valores similares a los asumidos en los análisis, el CSN emitió una Instrucción Técnica Complementaria (ITC) sobre inundaciones internas a cada una de las centrales.

Como consecuencia de dicha ITC todas las centrales desarrollaron los Manuales de Protección Contra Inundaciones Internas en los que se recogen, entre otros aspectos: las bases de diseño aplicables a los análisis de inundaciones internas, la información relevante de los análisis determinista y probabilista de inundaciones detallados por zonas, las protecciones a las que se da crédito en dichos análisis y las medidas compensatorias a aplicar en caso de que algunas de dichas protecciones no estén disponibles.

Desde el año 2012, las inspecciones bianuales del Plan Base de Inspección (PBI) realizadas en relación con los análisis de inundaciones internas se realizan siguiendo el procedimiento PT.IV.229 Protección frente a inundaciones internas [ref. 3]. Dichas inspecciones se centran en los Manuales de Protección contra Inundaciones Internas y en los análisis determinista y probabilista de inundaciones internas.

Como consecuencia del accidente de Fukushima, el CSN ha emitido distintas ITC en las que se incluyen aspectos relacionados con los análisis de inundaciones internas. A continuación se recogen los aspectos más significativos:

- ITC en relación con la realización de las “Pruebas de resistencia” previstas a nivel europeo para las centrales nucleares. En esta ITC, en el apartado de “Disposiciones para proteger la planta contra el DBE (Design Basis Earthquake)”, se requiere que se indique si se han tenido en cuenta los efectos indirectos del terremoto, incluyendo entre otros: El fallo de ESC que no están diseñadas para soportar el DBE y que, en caso de pérdida de su integridad, podrían causar daños a las ESC que deben permanecer disponibles (por ejemplo, fugas o roturas de tuberías no sísmicas situadas en el emplazamiento, o en edificios del mismo, y que puedan ser fuentes de inundaciones, y sus consecuencias potenciales).
- ITC en relación con los resultados de las “Pruebas de resistencia” realizadas por las centrales nucleares españolas. En estas ITC en el apartado 2.1.3 se indican

las acciones adicionales que tenían que llevar a cabo los titulares, que en general consistían en actualizar los análisis deterministas de inundaciones para considerar todas las hipótesis incluidas en la última revisión de las BTP que desarrollan las secciones 3.6.1 y 3.6.2 del SRP, ampliar los análisis de márgenes sísmicos y analizar aquellos escenarios de roturas que conlleven grandes liberaciones de fluido en la instalación (aun siendo sistemas con cualificación sísmica) con objeto de analizar si se dispone de capacidad de detección y de barreras adecuadas para hacer frente a los mismos.

4. APS de incendios e inundaciones

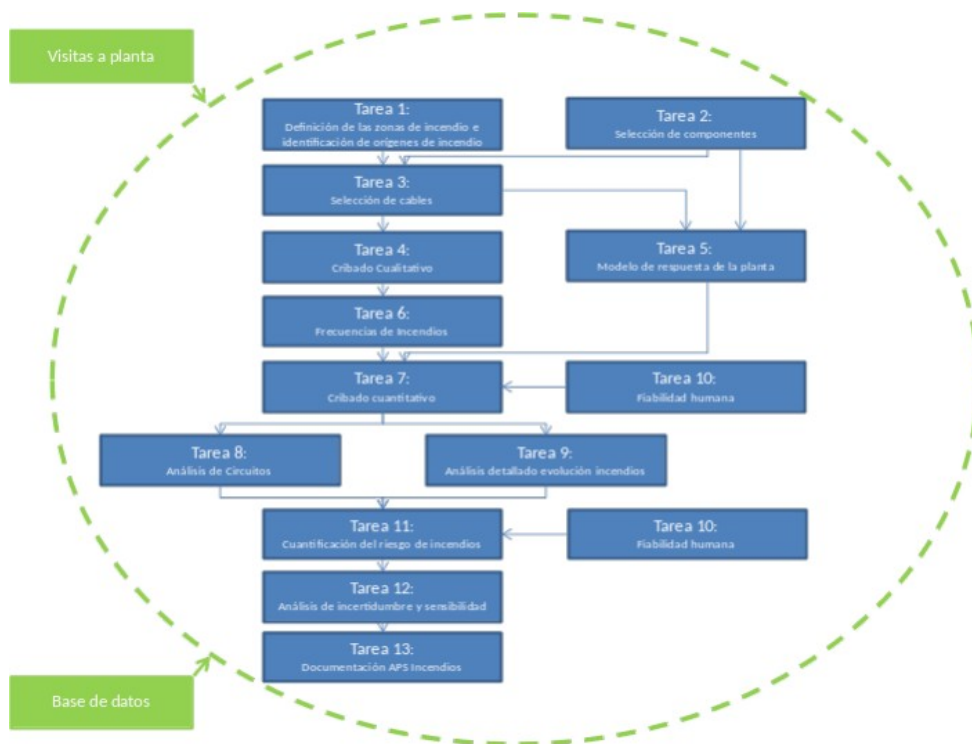
Los análisis probabilistas de seguridad de Incendios e inundaciones se desarrollan siguiendo un proceso que globalmente se puede resumir en: la identificación de los orígenes de incendios o de los focos de inundaciones presentes en la planta, la selección de aquellos orígenes o focos que pueden contribuir a la Frecuencia de Daño al Núcleo (FDN) y a la Frecuencia de Grandes Liberaciones Tempranas (FGLT) de manera significativa, la realización de simulaciones que reflejen la evolución del incendio o la propagación de la inundación, la determinación de los equipos afectados por el incendio o la inundación, la selección del suceso iniciador de internos que se produciría en los distintos escenarios y la cuantificación final considerando el suceso iniciador aplicable y los equipos afectados por el incendio o la inundación.

Los APS de Incendios e Inundaciones internas de nivel 1 comenzaron a realizarse a finales de los años 80 y comienzos de los años 90 en España, pero dichos análisis han tomado mucha importancia en los últimos años debido a los procesos de transición a la norma NFPA-805 en el caso del APS de Incendios y al accidente de Fukushima en el caso del APS Inundaciones internas. En los últimos años las centrales nucleares españolas han comenzado el desarrollo de los APS nivel 2 de Incendios e Inundaciones.

Las metodologías detalladas utilizadas para uno y otro que actualmente se aplican en las centrales nucleares españolas son: el NUREG/CR-6850 "Fire PRA Methodology for Nuclear Power Facilities" [ref. 4] para el APS de Incendios y la guía "Guidelines for Performance of Internal Flooding Probabilistic Risk Assessment" del EPRI [ref. 5] conjuntamente con el documento "Pipe Rupture Frequencies for Internal Flooding PRAs" del EPRI [ref. 6] para el APS de Inundaciones Internas. Estos documentos presentan una metodología a seguir que cubre con todos los aspectos recogidos en el documento ASME/ANS RA-Sa-2009 [ref. 7] que fue endosado por la Regulatory Guide 1.200 de la NRC.

4.1. Metodología detallada del APS Incendios

En la realización del APS de incendios, se siguen las siguientes tareas:



Tarea 1 Definición de las zonas de incendio e identificación de orígenes de incendio: En esta tarea se delimitan todas las zonas de la planta que van a constituir unidades independientes en el análisis de incendios, se identifican los orígenes de incendio a tener en cuenta en las mismas y se documentan las razones por las que determinadas zonas de la planta se excluyen del análisis.

Tarea 2 Selección de componentes: En esta etapa se seleccionan todos los componentes que tienen influencia en el análisis de incendios por las siguientes razones: su potencial fallo interviene en la generación de un suceso iniciador, pertenecen a sistemas de mitigación a los que se da crédito para hacer frente a los sucesos iniciadores que pueden producirse por un incendio o son necesarios para la realización de las acciones a las que se da crédito en el análisis de incendios.

Tarea 3 Selección de cables: Se identifican los cables que pueden conducir al fallo de los componentes fijados en la Tarea 2 y se localiza en planta su ubicación exacta.

Tarea 4 Cribado cualitativo: Se eliminan del alcance del análisis aquellas zonas en las que ningún origen de incendio puede provocar un suceso iniciador, ni por la ocurrencia del incendio en esa zona ni por la propagación del mismo a otras zonas.

Tarea 5 Modelo de respuesta de la planta: Se analiza cuál va a ser la respuesta de la planta en los distintos escenarios de incendio que pueden darse y se desarrollan los modelos del APS Incendios a partir de los modelos del APS Nivel 1, introduciendo las modificaciones que sean necesarias.

Tarea 6 Frecuencia de incendios: Para cada origen de incendio que se puede postular se calcula su frecuencia de ocurrencia.

Tarea 7 Cribado cuantitativo: Con hipótesis conservadoras (todos los equipos con cableados en una determinada zona de incendio se consideran fallados) se realizan

las primeras cuantificaciones de escenarios de incendios y se eliminan de posteriores análisis aquellas que den una contribución a la FDN inferior a un valor prefijado.

Tarea 8 Análisis de circuitos: Se realiza un análisis de circuitos de todos los cableados identificados en la Tarea 3 con el objeto de determinar sus modos de fallo y sus probabilidades, y las consecuencias de dichos modos de fallo en los componentes seleccionados en la Tarea 2.

Tarea 9 Análisis detallado evolución incendios: Para cada origen de incendio se hace una modelación de su propagación con el objeto de obtener los cables realmente afectados en cada caso, teniendo en cuenta los mecanismos de detección y extinción disponibles en las distintas zonas.

Tarea 10 Fiabilidad Humana: Se revisan todas las actuaciones humanas que van a realizarse en los distintos escenarios que pueden darse, tanto para extinguir el incendio como para mitigar sus consecuencias, y se cuantifican sus probabilidades de fallo.

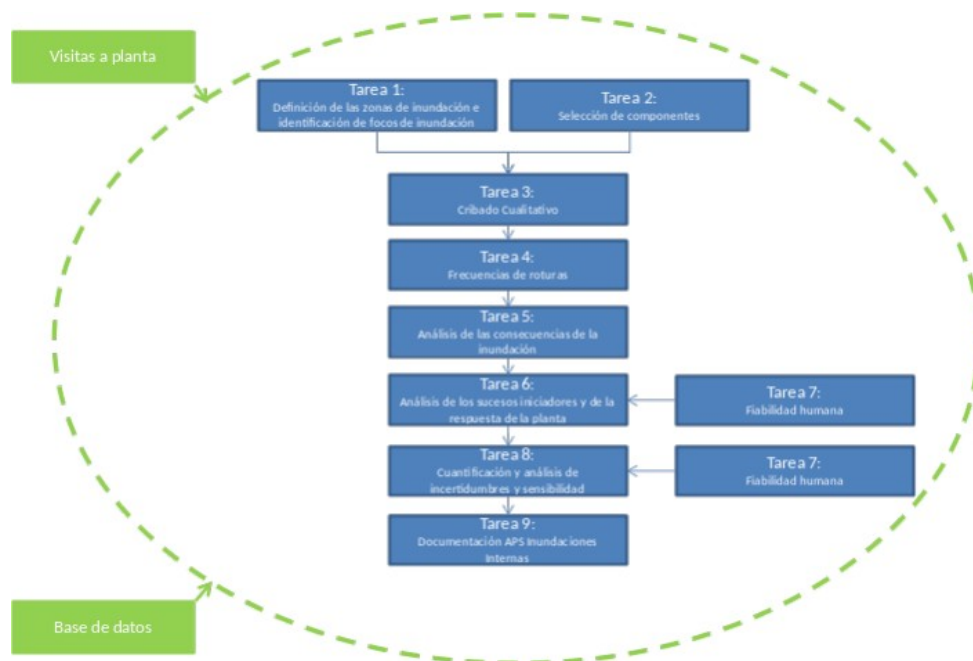
Tarea 11 Cuantificación del riesgo de incendios: Con los resultados de todas las etapas anteriores, se cuantifica la FDN total resultante de todos los escenarios de incendio que se postulan.

Tarea 12 Análisis de incertidumbres y sensibilidad: Se analiza el impacto de variaciones realizadas en las principales hipótesis realizadas durante el análisis.

Tarea 13 Documentación APS Incendios: Se documenta todo el proceso seguido en cada una de las tareas anteriores y los resultados de las cuantificaciones realizadas. Para la realización de todas estas tareas, se requiere llevar a cabo otras labores de soporte que son: la visita a planta para obtener información de la ubicación concreta de equipos, cableados, etc. y las características físicas de las distintas ubicaciones (ventilación, huecos, sellados, protecciones, sistemas de extinción, etc.), y la creación/actualización de una base de datos que permita disponer de toda la información necesaria para la realización de los APS Incendios.

4.2. Metodología detallada del APS Inundaciones internas

En la realización del APS de Inundaciones internas, se siguen las siguientes tareas:



Tarea 1 Definición de las zonas de inundación e identificación de focos de inundación: En esta tarea se delimitan todas las zonas de la planta que van a constituir unidades independientes en el análisis de inundaciones, se identifican los focos a tener en cuenta en las mismas y se documentan las razones por las que determinadas zonas de la planta se excluyen del análisis.

Tarea 2 Selección de componentes: En esta etapa se seleccionan todos los componentes que tienen influencia en el análisis de inundaciones por las siguientes razones: su potencial fallo interviene en la generación de un suceso iniciador, pertenecen a sistemas de mitigación a los que se da crédito para hacer frente a los sucesos iniciadores que pueden producirse por una inundación o son necesarios para la realización de las acciones a las que se da crédito en el análisis de inundaciones (detener la inundación, etc.).

Tarea 3 Cribado cualitativo: Se eliminan del alcance del análisis aquellas zonas en las que ningún foco puede provocar un suceso iniciador, ni en su zona ni con motivo de la propagación de la inundación a las zonas comunicadas con ella.

Tarea 4 Frecuencia de roturas: Para cada foco de inundación no cribado se calcula la frecuencia de ocurrencia de las distintas roturas que pueden producirse en el mismo (spray, inundación local o inundación grande) en función del tamaño de la rotura.

Tarea 5 Análisis de las consecuencias de la inundación: Para las distintas roturas que pueden producirse en cada foco (spray, inundación local o inundación grande) se hace una modelación de la propagación de la inundación con el objeto de obtener los equipos afectados en cada caso, teniendo en cuenta los mecanismos de detección y aislamiento disponibles en las distintas zonas.

Tarea 6 Análisis de sucesos iniciadores y de la respuesta de la planta: Se analiza el suceso iniciador que se puede producir en cada escenario y cuál va a ser la respuesta de la planta y se desarrollan los modelos del APS Inundaciones Internas a partir de los

modelos del APS Nivel 1, introduciendo las modificaciones que sean necesarias.

Tarea 7 Fiabilidad Humana: Se revisan todas las actuaciones humanas que van a realizarse en los distintos escenarios que pueden darse, tanto para aislar la rotura como para mitigar sus consecuencias, teniendo en cuenta las condiciones degradadas a las que ha podido conducir la rotura (zonas inundadas, etc.) y se cuantifican sus probabilidades de fallo.

Tarea 8 Cuantificación y análisis de incertidumbres y sensibilidad: Con los resultados de todas las etapas anteriores, se cuantifica la FDN total resultante de todos los escenarios de inundaciones que se postulan y se analiza el impacto de variaciones realizadas en las principales hipótesis realizadas durante el análisis.

Tarea 9 Documentación APS Inundaciones Internas: Se documenta todo el proceso seguido en cada una de las tareas anteriores y los resultados de las cuantificaciones realizadas.

Para la realización de todas estas tareas, se requiere llevar a cabo otras labores de soporte que son: la visita a planta para obtener información de la ubicación concreta de equipos y su altura de daño, etc. y las características físicas de las distintas ubicaciones (huecos, sellados, protecciones contra inundaciones, mecanismos de detección de roturas e inundaciones, etc.) y la creación/actualización de una base de datos que permita disponer de toda la información necesaria para la realización de los APS Inundaciones Internas.

5. Relación con otros temas

Del primer ejercicio:

- C-2.** Riesgo y Seguridad Nuclear. Principios de mitigación del daño: Seguridad intrínseca mediante sistemas y mediante procedimientos. Principios de reducción de la frecuencia del daño: Redundancia, diversidad y separación. Métodos de evaluación y análisis.
- C-4.** Criterios de generales de diseño aplicables a centrales nucleares. Requisitos del sistema de gestión de instalaciones nucleares.
- C-14.** Análisis probabilista de seguridad.

Del tercer ejercicio:

- A-1.** La Seguridad Nuclear. Fundamentos. Métodos de análisis. Aplicación a centrales nucleares e instalaciones del ciclo de combustible.
- A-2.** Bases de diseño y bases de licencia de las centrales nucleares. Criterios generales de diseño aplicables a las centrales nucleares.
- A-27.** Análisis probabilista de seguridad (APS). Secuencias de accidente: árboles de sucesos. Criterios de éxito. Análisis de sistemas mediante árboles de fallos. Resultados de los APS y sus aplicaciones.

6. Referencias

- [1] 10 CFR 50 Domestic Licensing of production and utilization facilities, Appendix A General Design Criteria for Nuclear Power Plants.
- [2] NUREG-0800 Standard Review Plan for the Review of Safety Analysis Reports for Nuclear Power Plants.
- [3] PT.IV.299 Protección frente a inundaciones internas.
- [4] NUREG/CR-6850 Fire PRA Methodology for Nuclear Power Facilities.
- [5] EPRI 1019194 Guidelines for Performance of Internal Flooding Probabilistic Risk Assessment.
- [6] EPRI 1021086 Pipe Rupture Frequencies for Internal Flooding PRAs.
- [7] ASME-ANS Standard for Level 1/Large Early Release Frequency Probabilistic Risk Assessment for Nuclear Power Plant Applications, ASME/ANS RA-Sa-2009, Febrero, 2008.
- [8] Appendix R to Part 50 “Fire Protection Program for Nuclear Power Facilities Operating Prior to January 1, 1979” de la USNRC.
- [9] Regulatory Guide 1.189 “Fire protection for nuclear power plants” de la USNRC.
- [10] 10CFR50.48 Domestic Licensing of production and utilization facilities.
- [11] Instrucción IS-30, revisión 1, de 21 de febrero de 2013, del Consejo de Seguridad Nuclear, sobre requisitos del programa de protección contra incendios en centrales nucleares.
- [12] Guía de Seguridad 01.19 “Requisitos del programa de protección contra incendios en centrales nucleares” aprobada por el Pleno del Consejo el 19 de enero de 2011.
- [13] WENRA Safety Reference Levels for Existing Reactors.
- [14] NFPA 805 “Performance-Based Standard for Fire Protection for Light Water Reactor Electric Generating Plants” edición de 2001.
- [15] Instrucción IS-27, de 8 de julio de 2010 sobre criterios generales de diseño de centrales nucleares.
- [16] Instrucción IS-25, de 24 de junio de 2010 sobre criterios y requisitos sobre la realización de los análisis probabilistas de seguridad y sus aplicaciones a las centrales nucleares.