



Evaluación de Resistencia de las Centrales Nucleares en los Países Miembros del FORO Iberoamericano de Organismos Reguladores, Radiológicos y Nucleares

Septiembre 2011



FORO



Foro Iberoamericano de Organismos Reguladores Radiológicos y Nucleares

El presente trabajo fue realizado bajo el auspicio y financiación del Foro Iberoamericano de Organismos Reguladores Radiológicos y Nucleares, FORO

EVALUACIÓN DE RESISTENCIA DE LAS CENTRALES NUCLEARES EN LOS PAÍSES MIEMBROS DEL FORO IBEROAMERICANO DE ORGANISMOS REGULADORES RADIOLÓGICOS Y NUCLEARES

I.- INTRODUCCIÓN

Durante la Conferencia Interministerial sobre Seguridad Nuclear realizada en Viena, Austria entre el 20 y 24 de Junio de 2011, el 22 de junio de 2011 se realizó una reunión entre los representantes de las Autoridades Regulatorias (AR) miembros del Foro Iberoamericano de Organismos Reguladores Radiológicos y Nucleares (FORO) que poseen centrales nucleares, donde se propuso preliminarmente la realización de una Evaluación de Resistencia en dichas centrales.

Posteriormente, el plenario de Presidentes del FORO en la reunión efectuada en Santiago de Chile en julio de 2011, resolvió realizar una actividad técnica para el desarrollo de dicha evaluación.

La mencionada propuesta consistió en realizar una reevaluación de la seguridad de las centrales nucleares existentes, considerando el accidente ocurrido en la central nuclear japonesa de Fukushima Daii-chi, para detectar eventuales debilidades e implementar las correspondientes mejoras.

Para tal fin, se propuso realizar una Evaluación de Resistencia, similar a las Pruebas de Resistencia (Stress Tests) implementadas por la Asociación de Reguladores Nucleares de Europa Occidental (WENRA, Western European Nuclear Regulators Association), el Grupo Regulatorio Europeo de Seguridad Nuclear (ENSREG, European Nuclear Safety Regulatory Group) y el Consejo de Seguridad Nuclear de España (CSN).

El objetivo de dicha evaluación es determinar los márgenes de seguridad, analizando el comportamiento de las plantas considerando su respuesta a la ocurrencia de eventos extremos que provoquen consecuencias más allá de las bases de diseño, tales como la pérdida total de la alimentación eléctrica y el sumidero final de calor, así como las capacidades para gestionar dichos accidentes. Además, el desarrollo de esta actividad en el marco del FORO tiene los siguientes objetivos:

- Consensuar el alcance y armonizar los criterios técnicos de la Evaluación de Resistencia aplicable en todos los países miembros del FORO que posean centrales nucleares.
- Propender al aumento de la seguridad de las centrales nucleares para hacer frente a eventos extremos más allá de las bases de diseño.
- Revisar entre todos los miembros del FORO los resultados del informe de cada regulador sobre la Evaluación de Resistencia.

- Elevar al Comité Técnico Ejecutivo (CTE) y al Plenario del FORO para su aprobación, un documento con los resultados de la revisión conjunta de los informes de la Evaluación de Resistencia realizada en cada central nuclear presentados por los reguladores y la posición regulatoria de los miembros del FORO respecto a la implementación de las mejoras que surjan.

Con la finalidad de lograr los mencionados objetivos, se consensuó entre los miembros del FORO que operan centrales nucleares el contenido y el alcance de la mencionada evaluación, para que las correspondientes AR la requieran a los Titulares de las Licencias de Operación de las centrales nucleares (TL) en sus respectivos países. Al respecto, una vez realizada dicha evaluación en cada central nuclear, y presentado el informe requerido a su AR, ésta a su vez presentará un informe con los resultados obtenidos y la posición regulatoria sobre la implementación de las mejoras que surjan, para ser revisado por todos los miembros del FORO.

Para tal fin se realizan dos reuniones técnicas orientadas a tratar los temas mencionados. Como producto de ellas, se elaborará un documento en cada reunión, el primero es el presente documento en el que se define el alcance y contenido de la evaluación de resistencia, y el segundo contendrá los resultados de la revisión conjunta de los informes a presentar por los Reguladores que contendrá la evaluación realizada en cada central nuclear y la posición regulatoria de los miembros del FORO respecto de dichas evaluaciones.

II.- ESPECIFICACIONES PARA LA EVALUACIÓN DE RESISTENCIA DE LAS CENTRALES NUCLEARES

A los efectos arriba mencionados, la realización de las Evaluaciones de Resistencia se ajustará a las siguientes especificaciones:

II.1.- DEFINICIÓN DE LA EVALUACIÓN DE RESISTENCIA.

La Evaluación de Resistencia está dirigida a determinar los márgenes de seguridad de las centrales nucleares considerando eventos extremos como los ocurridos en Fukushima, que puedan poner en peligro las funciones de seguridad de las plantas y que puedan llevar a una situación de accidente severo.

Esta evaluación debe consistir en:

- Un análisis de la respuesta de cada central nuclear frente a un conjunto de situaciones extremas consideradas en el punto II.2.
- Una verificación de las medidas de prevención y mitigación basada en el concepto de defensa en profundidad.

En las mencionadas situaciones extremas, se debe analizar, bajo un enfoque determinista, la pérdida secuencial de las líneas de defensa en profundidad existentes, independientemente de la probabilidad de ocurrencia de dicha pérdida. Debe tenerse en cuenta que la pérdida de funciones de seguridad y las situaciones de accidente severo sólo pueden ocurrir cuando numerosas previsiones de diseño han fallado. Además, se debe suponer que no resultaron efectivas las medidas disponibles para gestionar adecuadamente estas situaciones.

Para cada central nuclear, esta evaluación incluirá la respuesta de la planta y la efectividad de las medidas preventivas, destacando cualquier debilidad potencial y cualquier situación límite (cliff edge) que se identifiquen en los análisis. Estas situaciones límite están definidas por aquellos valores límites de parámetros críticos a partir de los cuales un pequeño cambio conduce a un desproporcionado incremento de las consecuencias del accidente (dichas condiciones pueden corresponder, por ejemplo, a superar un punto donde comience una inundación significativa de las áreas de la central, sobrepasando las previsiones de diseño o el agotamiento de la capacidad de las baterías en el evento de pérdida total de la corriente alterna).

El objetivo de lo anterior es evaluar la robustez de la filosofía de defensa en profundidad aplicada, la idoneidad de las medidas de gestión de accidentes, e identificar las potencialidades para implementar mejoras de seguridad, tanto técnicas como organizativas, tales como procedimientos, recursos humanos, organización de respuesta en emergencias o uso de recursos externos.

Por su naturaleza, la Evaluación de Resistencia deberá focalizarse en aquellas medidas que puedan ser adoptadas después de la pérdida de las funciones de seguridad frente a accidentes ya considerados en el diseño. Además, deben ser reevaluadas las hipótesis relacionadas con el funcionamiento de dichos sistemas. Finalmente, todas las medidas adoptadas para proteger la integridad de los elementos combustibles, en el reactor o en los sistemas de almacenamiento de combustible quemado, deben considerarse como una parte esencial de la defensa en profundidad.

II.2.- ALCANCE DE LA EVALUACIÓN DE RESISTENCIA

El alcance técnico de la evaluación se ha definido teniendo en cuenta los problemas que se han puesto de manifiesto en los acontecimientos ocurridos en Fukushima, y que han incluido una combinación de eventos iniciantes extremos y de fallos múltiples. Por ello, en la evaluación requerida, se deben considerar las siguientes situaciones:

- a) Eventos iniciantes concebibles en el emplazamiento debidos a fenómenos naturales o condiciones meteorológicas extremas:
 - Terremotos.
 - Inundaciones.

- Descensos extremos del nivel del sumidero de calor (bajantes).
 - Otros eventos naturales.
- b) Pérdida de funciones de seguridad:
- Pérdida total de energía eléctrica.
 - Pérdida del sumidero final de calor.
 - La combinación de ambas.
- c) Aspectos asociados a la gestión de accidentes severos. Medidas para gestionar la pérdida de:
- La función de refrigeración del núcleo.
 - La función de refrigeración de los sistemas de almacenamiento de combustible quemado.
 - La integridad de la contención.
- d) Consideraciones sobre el manejo interno de la emergencia:
- Dirección y Control.
 - Mitigación del daño al combustible.
 - Reducción de Emisiones Radiactivas.
 - Revisión de Procedimientos.
 - Equipos.

A continuación se define la información general y los aspectos que deben considerar los TL para cada una de las situaciones extremas consideradas.

II.3. ASPECTOS GENERALES

II.3.1. Contenido del Informe de Evaluación de Resistencia

El Informe de Evaluación de Resistencia debe incluir la siguiente información básica sobre cada instalación:

- Ubicación y características del emplazamiento.
- Número de unidades.
- Características del reactor.
- Breve descripción de los sistemas mecánicos y eléctricos que intervienen en los análisis requeridos y de los sumideros de calor existentes en el emplazamiento, y de las correspondientes cadenas de extracción de calor.
- Fecha de la primera criticidad.
- Tipo y ubicación del almacenamiento de combustible gastado.
- Diferencias significativas de seguridad entre las diferentes unidades.
- Alcance y principales hallazgos de los Análisis Probabilísticos de Seguridad (APS) existentes. De corresponder, indicar el empleo del APS en la Evaluación de Resistencia.

El análisis de cada una de las situaciones incluidas en el alcance (Punto II.2) se realizará siguiendo las indicaciones contenidas en los apartados siguientes.

II.3.2. Hipótesis

Las evaluaciones para las centrales en operación se refieren al estado actual de cada una de las plantas, tal como están construidas y/u operadas al 30 de julio de 2011.

El enfoque debe ser esencialmente determinístico, es decir que al analizar un escenario extremo se aplicará un enfoque progresivo en el cual se supondrá que las medidas de protección son sucesivamente perdidas por un tiempo prolongado.

Las condiciones iniciales de la planta deben corresponder a los estados de funcionamiento de las centrales a plena potencia y parada fría despresurizada, considerando la posibilidad de que el núcleo del reactor se encuentre descargado en la piscina de combustible.

Se debe suponer que todos los reactores y los almacenamientos de combustible quemado se ven afectados al mismo tiempo. También se debe tener en cuenta la posibilidad de que existan condiciones degradadas en la zona que rodea al emplazamiento, caracterizadas por la falta de suministro eléctrico externo, dificultad para acceder al mismo, etc.

Además se deben considerar los siguientes aspectos:

- acciones automáticas.
- acciones de los operadores especificadas en los procedimientos de operación de emergencia.
- cualquier otra medida ya prevista de prevención, recuperación o mitigación de accidentes.

II.3.3. Información general que debe incluir el informe

Los aspectos principales a incluir en el Informe de Evaluación de Resistencia son:

- Las previsiones incluidas en las bases de diseño de la central,
- Las fortalezas de la planta más allá de sus bases de diseño. Con este fin se debe evaluar la robustez (márgenes de diseño disponibles, diversidad, redundancia, protección estructural, separación física, etc.) de las estructuras, sistemas y componentes (ESC) relevantes para la seguridad y la preservación de la defensa en profundidad. En relación con la robustez de las instalaciones y de las medidas disponibles, uno de los enfoques de la revisión es la identificación de las posibles situaciones límite que podrían inducir un cambio significativo en la

secuencia de eventos y de las medidas ya existentes para evitar llegar a condiciones extremas.

- La posibilidad de implementar modificaciones que puedan mejorar el nivel actual de defensa en profundidad.

A los efectos de proporcionar un contexto para la evaluación, se deben describir las medidas de protección existentes que están destinadas a evitar las situaciones extremas que se consideran en el alcance de la misma. El análisis debe ser complementado, cuando sea necesario, por los resultados de los recorridos por la planta que específicamente se hayan realizado.

Para ello, cada TL debe identificar los medios para mantener las tres funciones fundamentales de seguridad (control de la reactividad, refrigeración del combustible y confinamiento de la radiactividad) y las funciones de apoyo (fuentes de alimentación eléctrica y refrigeración), para lo cual se deben tener en cuenta tanto los posibles daños provocados por el evento iniciante, como las medidas disponibles para hacer frente al evento aunque no estén contempladas en los análisis de seguridad.

Cada TL debe identificar la posibilidad de disponer de equipos móviles externos y las condiciones de su utilización; la disponibilidad de fuentes alternativas de suministro de refrigerante; cualquier procedimiento ya existente para utilizar medios de una unidad para ayudar a otra, y las posibles dependencias de las funciones de seguridad de una unidad respecto de otras unidades del mismo emplazamiento.

Respecto a la gestión de accidentes severos cada TL debe determinar, cuando sea relevante, el tiempo antes de que el daño al combustible sea inevitable. Si el combustible está en el reactor, se debe indicar el tiempo disponible antes de que comience a descubrirse de agua, y el tiempo antes del inicio de la degradación del mismo (comienzo de la fase de oxidación rápida de las vainas con generación significativa de hidrógeno). Si el combustible está almacenado en piscina, se debe indicar el tiempo antes de la ebullición, el tiempo durante el que se mantiene un blindaje adecuado contra la radiación, el tiempo antes de que el nivel del agua alcance la parte superior del combustible, y el tiempo antes del inicio de la degradación del combustible (todas estas situaciones sin considerar la intervención del operador).

II.4.- EVENTOS INICIANTES EXTREMOS

El Informe de Evaluación de Resistencia debe incluir la información detallada en los puntos II.4.1, II.4.2, II.4.3 y sus subapartados.

II.4.1.- Terremotos

II.4.1.1.- Base de diseño

II.4.1.1.1.- *Terremotos para los que se diseñó la planta:*

- Nivel del terremoto base de diseño (DBE) expresado en términos de aceleración pico en el suelo (PGA, Peak Ground Acceleration) y las razones para su elección;
 - Indicar si el DBE actual es diferente del postulado inicialmente;
 - Metodología con la que se evaluó el DBE actual (período de retorno, sucesos del pasado que se han considerado y las razones de su elección, los posibles márgenes agregados, etc.), y la validez de los datos con el tiempo;
 - Conclusiones sobre la adecuación de la base de diseño actual, considerando el estado del conocimiento a la fecha.

II.4.1.1.2.- *Previsiones para proteger la planta del DBE:*

- Identificación de los ESC que son necesarios para poder alcanzar una condición de parada segura, definida como aquel estado de planta en el que está garantizada a largo plazo la subcriticidad y refrigeración del núcleo, así como el confinamiento del material radioactivo.
- Principales previsiones existentes (incluidos procedimientos para la operación en emergencia, equipos móviles, etc.) para evitar daño al núcleo del reactor o al combustible quemado luego de ocurrido el terremoto, ante la indisponibilidad de dichos ESC.
- Indicar los potenciales efectos indirectos del terremoto, incluyendo:
 - El fallo de ESC que no están diseñados para soportar el DBE y que en caso de pérdida de su integridad podrían causar daños a los ESC que deben permanecer disponibles (por ejemplo, incendios, explosiones o roturas de tuberías que puedan afectar el desempeño de las funciones de seguridad, incluyendo las actuaciones del personal de operación).
 - La pérdida del suministro eléctrico externo.
 - La situación fuera del emplazamiento, incluyendo los problemas que pudieran impedir o retrasar el acceso del personal y del equipo requerido.

II.4.1.1.3.- *Cumplimiento con las bases del licenciamiento:*

- Proceso general para garantizar este cumplimiento, por ejemplo mantenimientos preventivos, inspecciones o pruebas periódicas.

II.4.1.2.- Otras Consideraciones:

- Las actividades y pruebas específicas de verificación ya iniciadas por la planta luego del accidente de Fukushima.

II.4.1.3.- Evaluación de márgenes:

II.4.1.3.1. Severidad del terremoto

- En base a la información disponible (evaluación del margen sísmico u otros estudios de ingeniería), se debe realizar una estimación de la severidad del terremoto a partir de la cuál las funciones fundamentales de seguridad no están garantizadas o que podrían ocurrir daños graves al combustible (en el núcleo o en la instalación de almacenamiento de combustible quemado).
- Indicar si pueden ser previstas medidas adicionales para evitar los efectos de las situaciones límite identificadas o para aumentar la robustez de la planta (modificaciones de equipos, modificación de procedimientos, disposiciones organizativas, etc.).

II.4.1.3.2.- Máximo terremoto que la planta podría soportar sin perder el confinamiento

- En base a la información disponible (evaluación del margen sísmico u otros estudios de ingeniería), analizar cuál es el rango de severidad del máximo terremoto que la planta podría soportar sin perder la integridad del confinamiento (integridad de la contención y de la piscina de combustible).

II.4.1.3.3.- Terremotos que excedan el DBE y provoquen inundaciones o bajantes, y que sobrepasen el nivel de la inundación o bajante base de diseño.

- Indicar si este escenario es físicamente posible teniendo en cuenta el emplazamiento de la central. Con este fin, identificar si los potenciales daños graves a las estructuras que se encuentran tanto dentro como fuera del emplazamiento (tales como diques o edificios y estructuras) podrían tener un impacto en la seguridad de la instalación.
- Indicar cuáles son los puntos débiles y los modos de fallo que podrían llevar a condiciones no seguras de la planta, identificando cualquier situación límite potencial y los edificios y equipos que se verían afectados.
- Indicar si pueden ser previstas medidas adicionales para evitar los efectos de las situaciones límite identificadas o para aumentar la robustez de la planta (modificaciones de equipos, modificación de procedimientos, disposiciones organizativas, etc.).

II.4.2.- Inundaciones / bajantes

II.4.2.1.- Bases de diseño

II.4.2.1.1.- Inundación / bajante para las cuales la planta ha sido diseñada:

- Nivel de la inundación / bajante base de diseño y razones de su elección.
- Indicar si la inundación / bajante base de diseño actual es diferente de la postulada inicialmente.
- Metodología con la que se evaluó la inundación / bajante base de diseño actual (período de retorno, eventos del pasado que se han considerado y las razones de su elección, posibles márgenes agregados, etc.) y la validez de los datos con el tiempo.
- Conclusiones sobre la adecuación de la base de diseño actual, considerando el estado del conocimiento a la fecha.

II.4.2.1.2.- Previsiones para proteger la planta de la inundación / bajante base de diseño:

- Identificación de los ESC críticos que son necesarios para alcanzar una situación de parada segura y que se estima seguirán estando disponibles después de la inundación / bajante, incluyendo las disposiciones para mantener:
 - La función de toma de agua del sumidero de calor.
 - El suministro de energía eléctrica de emergencia.
- Identificación de los requisitos de diseño relevantes para proteger el emplazamiento contra las inundaciones / bajantes (nivel de plataformas, etc.), indicando los programas de vigilancia asociados.
- Principales medidas previstas para mitigar los efectos de las inundaciones / bajantes, incluyendo procedimientos de operación de emergencia, equipos móviles, vigilancia de inundaciones / bajantes, sistemas de alerta, etc., para alertar de la inundación / bajante y facilitar la mitigación de sus efectos, indicando los programas de vigilancia asociados.
- Verificar que han sido tenidos en cuenta los posibles efectos asociados a la inundación / bajante, incluyendo:
 - La pérdida de la alimentación eléctrica externa.

- La situación fuera del emplazamiento, incluyendo los problemas que pudieran impedir o demorar el acceso del personal y del equipamiento requerido.

II.4.2.1.3.- *Cumplimiento con las bases del licenciamiento:*

- Proceso general para garantizar este cumplimiento; por ejemplo, mantenimientos periódicos, inspecciones o pruebas.

II.4.2.2.- **Otras Consideraciones:**

- Las actividades y pruebas específicas de verificación ya iniciadas por la planta luego del accidente de Fukushima.

II.4.2.3.- **Evaluación de márgenes:**

- En base a la información disponible (incluyendo estudios de ingeniería), indicar el nivel de la inundación / bajante a partir de la cuál las funciones fundamentales de seguridad no están garantizadas o que podrían ocurrir daños graves al combustible (en el núcleo o en la instalación de almacenamiento de combustible quemado).
- Dependiendo del tiempo disponible entre la alerta y la inundación / bajante, indicar si pueden ser previstas y puestas en práctica medidas adicionales de protección.
- Indicar cuáles son los puntos débiles y señalar cualquier situación límite potencial, identificando los edificios y equipos que primero afectaría la inundación / bajante.
- Indicar si pueden ser previstas medidas adicionales para evitar los efectos de las situaciones límite identificadas o para aumentar la robustez de la planta (modificaciones de equipos, modificación de procedimientos, disposiciones organizativas, etc.).

II.4.3.- **Otros eventos naturales extremos:**

Condiciones meteorológicas extremas (tormentas, lluvias torrenciales, tornados, etc.): Se debe indicar:

- Eventos y combinaciones de eventos considerados y las correspondientes razones para su selección.
- Cuales son los puntos débiles y las situaciones límite. Identificar los edificios y equipos que podrían ser afectados.

- Previsiones para evitar las situaciones límite arriba mencionadas o para incrementar la robustez de la planta (modificaciones al diseño, procedimientos, etc.).

II.5.- PÉRDIDAS DE FUNCIONES DE SEGURIDAD

En este apartado se debe analizar el impacto de la pérdida del suministro eléctrico y del sumidero final de calor sobre las funciones de seguridad de la instalación.

II.5.1.- Pérdida de suministro eléctrico

Las fuentes de alimentación eléctrica de corriente alterna (CA) que deben ser consideradas son:

- Suministro eléctrico externo (red eléctrica)
- Generador eléctrico principal de la central
- Suministros eléctricos de respaldo que alimentan las barras de seguridad (generadores diesel)
- Otras fuentes alternativas de respaldo (generadores diesel, turbinas de agua / gas, etc.)

En los análisis a realizar se debe suponer la ocurrencia de las pérdidas secuenciales de estos suministros.

II.5.1.1.- Pérdida de suministro eléctrico externo (LOOP, Loss of Off site Power)

En este caso se debe suponer que se pierde la totalidad de la alimentación eléctrica externa por tiempo prolongado y que el emplazamiento permanece aislado durante 72 horas respecto de la posibilidad de suministro de material pesado por cualquier medio de transporte, aunque se supone que los equipos portátiles ligeros podrían llegar al emplazamiento transcurridas 24 horas de iniciado el evento. Se deben considerar los siguientes aspectos:

- Describir cómo se ha tenido en cuenta en el diseño el LOOP, así como los sistemas de suministro eléctrico interno diseñados para hacer frente al mismo.
- Indicar por cuánto tiempo los mencionados suministros eléctricos internos podrían funcionar sin ningún tipo de apoyo exterior.
- Indicar qué acciones son necesarias y están previstas para prolongar el tiempo de funcionamiento de los equipos de suministro de energía eléctrica interna (por ejemplo rellenado de los tanques de combustible de los generadores diesel, etc.).

- Identificar posibles medidas a adoptar para aumentar la robustez de la planta, tales como modificación de sistemas, modificación de procedimientos, disposiciones organizativas, etc.

A los efectos de clarificar el tema, se deberá indicar cuales son aquellos sistemas, tales como turbinas hidráulicas, bombas (accionadas por motor / turbina, etc.), sistemas con energía almacenada en tanques de aire comprimido, etc, que pueden ser considerados disponibles.

II.5.1.2.- Pérdida de los suministros eléctricos externo e interno (SBO)

Las siguientes dos situaciones deben ser consideradas en estos análisis:

- LOOP + Pérdida de los suministros eléctricos de respaldo;
- LOOP + Pérdida de los suministros eléctricos de respaldo + pérdida de cualquier otro suministro eléctrico alternativo.

Para cada una de estas situaciones el TL debe:

- Proporcionar información sobre las medidas previstas en el diseño para estos escenarios accidentales,
- Proporcionar información sobre la capacidad de las baterías y su duración. Analizar las consecuencias de la pérdida total de las mismas,
- Indicar por cuánto tiempo la central puede soportar un SBO sin ningún apoyo externo antes de que sea inevitable la ocurrencia de daño severo al combustible,
- Indicar las acciones externas previstas para evitar el daño al combustible, considerando:
 - Los equipos ya presentes en el emplazamiento; por ejemplo, equipos de otras unidades,
 - Los equipos disponibles fuera del emplazamiento o centrales eléctricas situadas próximas al mismo (por ejemplo, centrales con turbinas de gas o hidroeléctricas) que puedan ser alineadas a través de una conexión directa asegurada, asumiendo que todas las unidades en el emplazamiento han sido dañadas,
 - El tiempo necesario para poder contar con cada uno de los sistemas anteriores,
 - La disponibilidad de recursos humanos competentes para realizar estas conexiones (considerando su carácter excepcional).
- Identificar las posibles situaciones límite que podrían ocurrir, indicando las medidas adicionales que podrían ser incorporadas para evitar sus efectos o para aumentar la robustez de la planta (modificaciones de

sistemas, modificación de procedimientos, disposiciones organizativas, etc.).

II.5.2.- Pérdida de los sumideros de calor

El sumidero final de calor es el medio al cual se transfiere en última instancia el calor residual del reactor. Se debe considerar la pérdida secuencial de los diversos sumideros disponibles para refrigerar el reactor y la piscina de combustible en cualquier circunstancia.

Se debe suponer que se pierde sucesivamente la funcionalidad de los diversos sumideros de calor existentes y que el emplazamiento permanece aislado durante 72 horas respecto de la posibilidad de suministro de material pesado por cualquier medio de transporte, aunque se supone que los equipos portátiles ligeros podrían llegar al emplazamiento pasadas 24 horas desde el inicio del evento.

Al respecto, se debe proporcionar una descripción de las previsiones existentes en el diseño para evitar la pérdida de los distintos sumideros: por ejemplo, tomas diversas de agua en diferentes lugares, etc.

Para dichos escenarios, se deberá:

- Indicar por cuánto tiempo la central podría soportar la situación sin ayuda externa antes que sea inevitable un daño severo al combustible.
- Proporcionar información sobre las previsiones existentes en el diseño y las acciones internas a realizar para cada uno de los mencionados escenarios.
- Indicar las acciones externas previstas para evitar daños en el combustible, considerando:
 - Los equipos presentes en el emplazamiento; por ejemplo, equipos de otra unidad, etc.
 - Los equipos disponibles fuera del emplazamiento, asumiendo que todos los reactores en el sitio han sido igualmente dañados.
 - Los tiempos necesarios para que estos sistemas puedan estar operativos.
 - La disponibilidad de recursos humanos competentes para realizar las acciones necesarias (considerando su carácter excepcional).
- Identificar las posibles situaciones límite que podrían producirse, indicando las medidas adicionales que podrían ser incorporadas para evitar sus efectos o para aumentar la robustez de la planta (modificaciones de sistemas, modificación de procedimientos, disposiciones organizativas, etc.).

II.5.3.- Pérdida de los sumideros de calor coincidente con SBO

Se debe proporcionar la siguiente información:

- Indicar por cuánto tiempo la central puede soportar una pérdida de todos los sumideros de calor coincidente con un SBO, sin ningún apoyo externo, y antes que sea inevitable el daño severo del combustible.
- Proporcionar información sobre las previsiones existentes en el diseño y las acciones internas a realizar para cada uno de los mencionados escenarios.
- Indicar las acciones externas previstas para evitar daños en el combustible, considerando:
 - Los equipos presentes en el emplazamiento; por ejemplo, equipos de otra unidad, etc.
 - Los equipos disponibles fuera del emplazamiento, asumiendo que todos los reactores en el sitio han sido dañados.
 - Los tiempos necesarios para que estos sistemas puedan estar operativos en el sitio.
 - La disponibilidad de recursos humanos competentes para realizar las acciones necesarias (considerando su carácter excepcional).
- Identificar las posibles situaciones límite que podrían producirse, y cuándo estas ocurrirían, indicando las medidas adicionales que podrían ser incorporadas para evitar sus efectos o para aumentar la robustez de la planta (modificaciones de sistemas, modificación de procedimientos, disposiciones organizativas, etc.).

II.6.- GESTION DE ACCIDENTES SEVEROS

Se deben considerar principalmente las medidas de mitigación, incluso si la probabilidad del evento es muy baja. En esta evaluación se deberá asumir deterministamente que el accidente severo se produce.

II.6.1.- Describir las medidas de gestión de accidentes actualmente disponibles para la protección del núcleo en las distintas etapas de un escenario de pérdida de la función de refrigeración del mismo:

- Antes del inicio del daño al combustible en el núcleo del reactor, indicando:
 - Si se dispone de medios para tratar de evitar el daño al combustible para secuencias de alta presión en el primario, en el caso de que no se disponga de la capacidad de despresurizar el sistema primario de transporte de calor.

- Las medidas previstas como último recurso para evitar daños en el combustible.
- Luego de la ocurrencia del daño al combustible en el núcleo del reactor.
- Luego del fallo del recipiente del reactor o los tubos de presión.

II.6.2.- Describir las medidas de gestión de accidentes y las características de diseño de la planta para la protección de la integridad de la función de confinamiento tras la ocurrencia del daño al combustible:

- Prevención de la deflagración y detonación de hidrógeno (inertización, recombinadores o ignitores), considerando la capacidad real de venteo de la contención.
- Prevención de sobrepresión en la contención. Si para proteger la integridad de la contención fuera necesario realizar una emisión al exterior, deberá analizarse si esta emisión podría o no ser filtrada. En este caso, se deberán describir los medios disponibles para poder estimar la cantidad de material radiactivo que se emitiría al ambiente.
- Prevención de re-criticidades.
- Prevención de la fusión pasante de la losa (inundación de la contención a diferentes niveles para prevenir el fallo de la vasija o para limitar la interacción del núcleo fundido con el hormigón).
- Necesidad de suministro de corriente alterna, de corriente continua y de gases comprimidos a los equipos necesarios para proteger la integridad de la contención.

II.6.3.- Describir las medidas de gestión de accidentes actualmente disponibles para hacer frente a las sucesivas etapas de un escenario de pérdida de la función de refrigeración en las piscinas de almacenamiento de combustible.

Para ello se deben analizar las medidas:

- Antes y después de perder la adecuada protección contra la radiación (pérdida del blindaje de la columna de agua).
- Antes y después del descubrimiento de la parte superior del combustible.
- Antes y después de la degradación del combustible (oxidación rápida de las vainas con producción de hidrógeno).

II.6.4.- Aspectos adicionales

Para todos los casos anteriores (II.6.1, 2 y 3), de corresponder, se debe:

- Identificar cualquier situación límite que se pudiera producir y analizar el tiempo disponible antes de que ésta se alcance.
- Evaluar la adecuación de las medidas de gestión existentes, incluyendo las guías y procedimientos para hacer frente a un accidente severo, y estudiar la posibilidad de adoptar medidas adicionales. En particular, se debe tener en cuenta lo siguiente:
 - La adecuación y disponibilidad de la instrumentación requerida.
 - La habitabilidad y accesibilidad de las áreas esenciales de la planta (sala de control, centros de respuesta de emergencia, controles locales y puntos de muestreo, posibilidades de reparación, etc.).
 - Las potenciales acumulaciones de hidrógeno en otros edificios diferentes de la contención.

También deben ser considerados los siguientes aspectos:

- Organización para gestionar adecuadamente la situación, incluyendo:
 - Dotación de personal, recursos y gestión de turnos.
 - Uso de apoyo técnico externo y lugar desde donde se realiza la gestión del accidente, incluyendo las contingencias por si éste dejara de estar disponible.
 - Procedimientos, capacitación / entrenamiento y ejercicios.
- Posibilidad de utilizar los equipos existentes.
- Previsiones para el uso de equipos móviles. Disponibilidad de los mismos, conectores apropiados para su acoplamiento, tiempo necesario para que estén disponibles en el lugar y en funcionamiento y, accesibilidad al emplazamiento.
- Disponibilidad y gestión de suministros (combustible para generadores diesel, agua, etc.).
- Gestión de las posibles emisiones radiactivas y previsiones para limitarlas.
- Gestión de las posibles dosis a los trabajadores y previsiones para limitarlas.
- Sistemas de comunicación e información (tanto internos como externos).
- Actividades previstas en el largo plazo (para después de ocurrido el accidente).

Las medidas de gestión de accidentes previstas deben ser analizadas teniendo en cuenta que la situación podría provocar:

- La posible destrucción de la infraestructura existente alrededor de la planta, incluyendo las de comunicaciones (lo que dificultaría el apoyo técnico y personal desde el exterior).
- Impedimentos para realizar ciertos trabajos, incluido el impacto en la accesibilidad y la habitabilidad de las salas de control principal y secundaria y de los centros de emergencia / crisis de la planta, debido a las altas tasas de dosis, a la contaminación radiactiva y a la posible destrucción de las instalaciones.
- La necesidad de analizar la factibilidad y efectividad de las medidas de gestión de accidentes en las condiciones de riesgos externos (terremotos, inundaciones, etc.).
- Disponibilidad de suministro de energía.
- Potencial falta de instrumentación.
- Efectos potenciales sobre otras centrales cercanas.

Además, se deberán identificar cuáles serían los escenarios que impedirían o dificultarían el trabajo del personal que opera en la sala de control principal y/o en la secundaria, y en los centros de emergencia y de crisis de la planta, y las medidas que podrían evitar dichos escenarios.

II.7. GESTIÓN INTERNA DE LA EMERGENCIA

A los efectos de cumplir con lo requerido para esta evaluación, se debe informar el estado de situación de los temas contemplados en los puntos siguientes, así como las eventuales medidas que se considere necesario tomar.

II.7.1.- Dirección y control

Se debe verificar la existencia de:

- Los procedimientos vigentes para redistribuir y reubicar en áreas seguras al personal que deba permanecer en la central (incluyendo al personal de operación).

- Los procedimientos referidos a convenios con organizaciones externas y sus protocolos de activación.
- Los planes de evacuación y auxilio del personal.
- Los procedimientos para la preparación y coordinación para la recepción de materiales, equipos y personal adicional. En particular para recepcionar personal de operación de otras centrales.
- Los recursos de personal profesional necesarios teniendo en cuenta la posible pérdida de personal de operación, por lo que es imprescindible disponer del número mínimo de personas aptas para realizar estas acciones.
- Identificación de organizaciones e instalaciones externas que pudiesen disponer de los conocimientos y recursos adecuados para ayudar a la gestión de la emergencia.
- El procedimiento que contemple la posibilidad de compartir personal en emplazamientos con más de una unidad, así como los recursos necesarios para la gestión del accidente en todas las unidades del emplazamiento.
- Las áreas seguras para almacenar el material y los equipos necesarios para ejecutar el plan de respuesta. Los aspectos más relevantes a considerar en la evaluación incluyen la ubicación de estas instalaciones y la disponibilidad en ellas de los equipos y de los medios necesarios.
- El establecimiento de áreas seguras a resguardo de eventuales incendios y de exposiciones radiológicas.
- El establecimiento de zonas apropiadas, libres de obstáculos, para facilitar la llegada de ayuda exterior mediante vehículos aéreos ligeros (helicópteros).
- El procedimiento y los medios que garanticen la comunicación de la dirección de la emergencia con la sala de control, las áreas seguras, el turno de operación, el equipo de recuperación, el equipo de lucha contra incendios, otras organizaciones externas, la AR, etc.; así como la comunicación entre los diferentes grupos actuantes durante todo el proceso de mitigación (bomberos; personal de recuperación, operación, organizaciones externas, etc.). En particular se deben considerar los aspectos referidos a la capacitación y entrenamiento de dicho personal.
- El análisis de la disponibilidad y compatibilidad de los equipos de comunicación necesarios, necesidades de equipos de emergencia adicionales, baterías y cargadores de dichos equipos, etc.
- La disponibilidad de suficientes equipos portátiles de extinción de incendios, equipos de ventilación, equipos de respiración autónoma,

equipos de protección personal, etc., convenientemente ubicados en lugares diversos y accesibles.

- La planificación y disponibilidad de los equipos de iluminación de emergencia adecuados, que faciliten la realización de las acciones dentro y fuera de los distintos edificios de la planta. Se analizará la capacidad existente para alimentarlos y recargarlos, de manera que se garantice su operación durante tiempos prolongados.
- La disponibilidad de cables, conexiones prefabricadas, adaptadores, mangueras, etc.; necesarios para la actuación de los sistemas de refrigeración y venteo, así como para garantizar la operabilidad de la instrumentación y los elementos críticos necesarios según la estrategia de mitigación.
- La disponibilidad en los sitios necesarios de los planos y los procedimientos aplicables.
- En el análisis se tendrán en cuenta los aspectos relacionados con la protección radiológica del personal actuante, así como el uso de modelos adecuados de dispersión para calcular dichas dosis y tratar de reducirlas al máximo. Se analizará la posibilidad de estimar las dosis en las áreas donde sea necesaria la intervención.

II.7.2.- Mitigación del daño al combustible

Se deben considerar los análisis de las estrategias para mantener o restaurar la refrigeración efectiva del combustible, tanto en el núcleo como en la piscina de almacenamiento de combustible gastado, y para mantener la función de confinamiento del material radiactivo, teniendo en cuenta los recursos de personal necesarios para encarar las acciones de recuperación, la accesibilidad y los medios necesarios para asegurar la comunicación entre los diferentes grupos actuantes, los procedimientos y los equipos necesarios para desarrollar las estrategias previstas, así como el adecuado entrenamiento del personal de la central y del personal de apoyo externo.

La estrategia de mitigación de daño al combustible deberá considerar:

- La revisión y evaluación del alcance de las guías de gestión de accidentes severos.
- El procedimiento de rellenado de los tanques o depósitos de almacenamiento del agua empleada en los sistemas de refrigeración (por ejemplo: tanque de agua de alimentación, tanque de condensado, etc.).
- Los procedimientos de operación manual de sistemas y componentes, incluyendo el uso de bombas accionadas por motor / turbina, etc.;

previstas para el caso de no disponer del correspondiente suministro eléctrico.

Para el combustible almacenado en piscina se debe optimizar la refrigeración del agua de la misma para que, en caso de vaciado, se retarde el daño al combustible mediante la adopción de medidas considerando los siguientes criterios:

- Disponibilidad de un suministro alternativo de agua de refrigeración de emergencia.
- Reducción de fugas e implementación de acciones de recuperación.
- Medidas para combatir condiciones radiológicas adversas en el edificio de piscina.

Además, como medida de largo plazo, se debe considerar la posibilidad de:

- Disponer de circulación de aire natural / forzada.
- Optimizar la disposición del combustible gastado en su alojamiento para distribuir adecuadamente la carga térmica.

II.7.3.- Reducción de emisiones radiactivas

En el caso que no resultaran exitosas las acciones contempladas en las guías de accidentes severos (GGAS) ni las medidas especiales de mitigación de daño al combustible, se deberá tratar de minimizar la liberación de material radiactivo al exterior. Para ello, deben tomarse medidas previas al inicio de las emisiones, teniendo en cuenta que una vez que comiencen las mismas, las zonas próximas podrían quedar inaccesibles debido a los niveles de radiación existentes. A tal efecto se debe:

- Analizar la disponibilidad de un adecuado suministro de agua para usarla del modo más conveniente.
- Detallar la capacidad de utilización de los equipos de extinción de incendios (agua y espuma) para el “lavado” de las posibles emisiones radiactivas.
- Para el caso de “lavados” prolongados en el tiempo u otras acciones que pudieran producir importantes derrames de líquidos, se debe analizar la disponibilidad de depósitos transitorios para almacenar de manera controlada importantes volúmenes de agua radiactiva; bolsas de arena para facilitar la construcción de diques transitorios o materiales estabilizadores para controlar y retener el caudal del agua utilizada, etc.
- Considerar la posibilidad de utilizar compuestos que retengan o absorban las eventuales partículas radiactivas presentes, a los efectos

de facilitar las posteriores tareas de lavado y descontaminación, así como la depuración de aerosoles.

Para cada uno de los puntos anteriores se deberá indicar su interrelación con los siguientes aspectos (indicados en II.7.4, II.7.5 y II.7.6):

II.7.4.- Revisión de procedimientos

- Reevaluar el alcance de los procedimientos vigentes aplicables a la estrategia de manejo de emergencias, incluyendo la lucha contra incendios y las correspondientes acciones de recuperación.
- Analizar las interferencias entre los componentes de seguridad física y la necesaria movilidad y facilidad de acceso durante situaciones de emergencia.

II.7.5.- Entrenamiento del personal

La adecuada formación y entrenamiento del personal de la central y del personal de apoyo externo constituye un elemento básico de la estrategia de mitigación. Al respecto el TL debe verificar que se dispone de:

- La programación de ejercicios y prácticas.
- El programa de familiarización con la central.
- Los ejercicios coordinados entre organizaciones externas y, personal de operación, mantenimiento, recuperación, etc.
- El entrenamiento conjunto con organizaciones externas (protocolos de ayuda).
- El procedimiento de uso de equipos y materiales especiales.
- El programa de entrenamiento del personal compartido en el caso de emplazamientos con más de una unidad.
- En caso de corresponder, el programa de entrenamiento del personal perteneciente a organizaciones externas a la planta o de otras plantas similares.
- El programa de entrenamiento en el acoplamiento de equipos e instrumentación a suministros eléctricos y de agua alternativos, así como de actuación de dispositivos en situaciones críticas o degradadas.
- El programa de entrenamiento en el uso de dispositivos, accesorios y vestimenta especial.

II.7.6.- Equipos

Se debe informar si:

- Se dispone de los conectores apropiados para el acoplamiento de los equipos auxiliares necesarios (por ejemplo, suministros eléctricos, de

agua o de aire alternativos) así como de los procedimientos necesarios para su alineamiento efectivo.

- Se tiene en cuenta la capacidad de suministro eléctrico y de refrigeración requerida para mantener las funciones de seguridad de la planta, así como la disponibilidad de equipos y componentes alineados para interconectar fácilmente con los diversos suministros de electricidad y circuitos de refrigeración auxiliares, así como para alimentar la instrumentación y los distintos dispositivos requeridos.
- Se consideró el posible impacto en otras áreas esenciales de la central (sala de control, recintos de alojamiento de interruptores, cables, relés, etc.) que puedan provocar la pérdida del suministro eléctrico.
- Los equipos auxiliares de recuperación están disponibles en áreas diversas y seguras.
- Todos los equipos de la estrategia de mitigación están sometidos a un adecuado programa de mantenimiento, prueba e inspección.

GLOSARIO:

APS:	Análisis Probabilístico de Seguridad
AR:	Autoridades Regulatorias
CA:	Corriente Alterna
CSN:	Consejo de Seguridad Nuclear de España
CTE:	Comité Técnico Ejecutivo del FORO
DBE:	Terremoto Base de Diseño (Design Basis Earthquake)
ENSREG:	Grupo Regulatorio Europeo de Seguridad Nuclear (European Nuclear Safety Regulatory Group)
ESC:	Estructuras, Sistemas y Componentes
FORO:	Foro Iberoamericano de Organismos Reguladores Radiológicos y Nucleares
Fukushima:	Central Nuclear de Fukushima Daii-chi (Japón)
GGAS:	Guías de Gestión de Accidentes severos
LOOP:	Pérdida de suministro eléctrico externo (Loss of Off Site Power)
SBO:	Pérdida total de los suministros eléctricos de CA (Station Black-Out)
TL:	Titulares de las Licencias de Operación de las centrales nucleares
WENRA:	Asociación de Reguladores Nucleares de Europa Occidental (Western European Nuclear Regulators Association)

