

TERCER EJERCICIO.

GRUPO A. SEGURIDAD NUCLEAR

**Tema 4: Selección y evaluación de emplazamientos nucleares.
Parámetros del emplazamiento. Criterios. Evaluación permanente.
Protección frente a sucesos externos.**

ÍNDICE

- 1.- RESUMEN.
- 2.- RELACIÓN CON OTROS TEMAS DE LA OPOSICIÓN.
- 3.- INTRODUCCIÓN.
- 4.- PARÁMETROS DEL EMPLAZAMIENTO.
 - 4.1.- PARÁMETROS EXTERNOS NATURALES.
 - 4.1.1.- Meteorología.
 - 4.1.2.- Geología.
 - 4.1.3.- Sismología.
 - 4.1.4.- Geotecnia.
 - 4.1.5.- Hidrología superficial.
 - 4.1.6.- Hidrogeología.
 - 4.1.7.- Ecología.
 - 4.2.- PARÁMETROS EXTERNOS DE ORIGEN HUMANO
 - 4.2.1- Demografía.
 - 4.2.2.- Otros parámetros de origen humano.
 - 4.3.- EFECTOS POTENCIALES DE LA INSTALACIÓN EN EL SITIO.
- 5.- SELECCIÓN DEL EMPLAZAMIENTO.
- 6.- DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LAS INSTALACIONES NUCLEARES.
- 7.- OPERACIÓN DE LAS INSTALACIONES NUCLEARES.
- 8.- REVISIÓN PERIÓDICA DE LA SEGURIDAD.
- 9.- PROTECCIÓN FRENTE A SUCESOS EXTERNOS.
- 10.- DESMANTELAMIENTO, PERÍODO DE CUMPLIMIENTO Y CLAUSURA
- 11.- BIBLIOGRAFÍA.
- 12.- GLOSARIO.

ACRONIMOS

APS	Análisis Probabilista de la Seguridad.
CGD	Criterio General de Diseño.
CN	Central Nuclear.
CCNN	Centrales Nucleares.
ENSREG	European Nuclear Safety Regulators Group.
ESC	Estructuras, Sistemas y Componentes.
ETF	Especificaciones Técnicas de Funcionamiento.
RHWG	Reactor Harmonization Working Group
IAEA	International Atomic Energy Agency.
IN	Instalación Nuclear.
IINN	Instalaciones Nucleares.
NRC	Nuclear Regulatory Commission.
OBE	Operating Basis Earthquake.
PEI	Plan de Emergencia Interior.
SSE	Safe Shutdown Earthquake.
WENRA	Western European Nuclear Regulators Association.

1.- RESUMEN

Durante el proceso asociado a la concesión de las distintas autorizaciones de una instalación nuclear (selección del emplazamiento, diseño, construcción, puesta en marcha, operación, modificación de diseño con afección al sitio, revisión periódica de la seguridad, revaluaciones, cese de explotación, y clausura, etc.), se requiere abordar con distinto alcance y profundidad, la caracterización de los parámetros del emplazamiento y humanos; para identificar y caracterizar los riesgos externos sobre la instalación, y los que representa la instalación sobre el sitio (población, medio ambiente). Dicha caracterización tiene por objetivo: a) definir un diseño que envuelva con margen suficiente los riesgos externos; b) minimizar el impacto de la operación sobre el emplazamiento; y c) planificar las medidas de emergencia y contramedidas necesarias en accidente; manteniendo en todo momento las garantías necesarias de seguridad nuclear y de protección radiológica.

Como fase inicial del alcance indicado, será necesario aplicar una metodología de selección del sitio según criterios dependientes del emplazamiento y del riesgo asociado a una instalación dada (central nuclear, almacenamiento de residuos radiactivos,...). Ya seleccionado el sitio y antes de la construcción, se profundiza en la caracterización de los parámetros del emplazamiento elegido con el fin de establecer la envuelta de las bases de diseño; y antes del inicio de la fase de operación, se utilizan variables de algunos parámetros del emplazamiento como Sismología, Meteorología, Demografía, etc. en la definición de condiciones límite de operación y en los planes de emergencia de la instalación nuclear.

Durante todas las fases de una instalación nuclear, las bases de datos del sitio se nutren a partir de los programas de vigilancia del emplazamiento, la experiencia operativa propia y ajena, la nueva normativa, y el avance del conocimiento; y que, en conjunto, proporcionan datos e información actualizada que se evalúa durante los períodos de revisión periódica de la seguridad, a fin verificar que, con el paso del tiempo, las bases de diseño y condiciones límite de operación son adecuadas, y confirman que el riesgo de la instalación sigue aceptablemente bajo.

Como ejemplo práctico, el accidente severo de la CN Fukushima Dai-ichi tras el terremoto Tohoku (11 de marzo de 2011), ha impulsado una revaluación del parque mundial de CCNN, para asegurar el mantenimiento de las tres funciones de seguridad principales: a) control de la reacción nuclear, b) evacuación del calor residual del reactor y de las piscinas de combustible, c) confinamiento del material radioactivo. Y en el caso de los sucesos externos, ese objetivo se alcanza mediante el conocimiento y/o mejora del margen de diseño disponible hasta frecuencias de ocurrencia bajas, y previendo contramedidas adicionales para evitar un accidente severo por causa común asociada a un suceso externo.

La IAEA ha desarrollado una regulación con estructura piramidal (Fundamentos, Requerimientos, Guías de Seguridad, TECDOCS, etc.) que es referente de los países que la endosan, y que está incorporando un tratamiento detallado de los sucesos externos (SSG-9 y SSG-18). En las CCNN españolas, además, es referencia obligada la normativa y guías del emplazamiento de la NRC de los Estados Unidos de Norteamérica. El apartado de bibliografía incluye las citas de los documentos de más interés, y el glosario incluye una selección de términos de la IAEA sobre el emplazamiento.

2.- RELACIÓN CON OTROS TEMAS DE LA

OPOSICIÓN: 1er Ejercicio.

- A.9.- La Ley de 29 de abril de 1964 sobre Energía Nuclear. Reglamento sobre Instalaciones Nucleares y Radiactivas. Régimen de autorizaciones de estas instalaciones: Inspección de las mismas. El personal de operación. Reglamentos sobre Protección Sanitaria contra las Radiaciones Ionizantes. El Plan Básico de Emergencia Nuclear. La protección física de materias nucleares.
- A.10.- El Consejo de Seguridad Nuclear. Normas reguladoras. Naturaleza, características y funciones del Consejo. Sus órganos y competencias. La capacidad normativa del Consejo. Funciones del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio en relación con las instalaciones nucleares y radiactivas. Incidencia de la Ley 27/2006, de 18 de julio, por la que se regulan los derechos de acceso a la información, de participación pública y de acceso a la justicia en materia de medio ambiente.
- B.15.- Estructuras de centrales nucleares de agua ligera. Diseño civil de edificios y estructuras. Control e inspección de obra civil. Estructuras de hormigón armado, pretensado y pos-tensado, propiedades y cálculo.
- C.4.- Criterios de seguridad en el proyecto de centrales nucleares.
- C.5.- Códigos y normas aplicables en el diseño, construcción y operación de instalaciones nucleares.
- C.12.- Planes de emergencia interior y exterior en instalaciones nucleares y radiactivas. El Plan Básico de Emergencia Nuclear. Planes Provinciales de Emergencia Nuclear. Simulacros.
- C.13.- Análisis de experiencia operativa en centrales nucleares. Accidentes mas importantes ocurridos en centrales nucleares. Consecuencias y lecciones aprendidas.
- C.14.- Análisis probabilística de seguridad.
- D.11.- Protección radiológica ambiental. Comportamiento de los radionucleidos en el medio ambiente.

3er Ejercicio.

- A.4.- La contención en centrales nucleares. Tipos. Requisitos. Diseño. Pruebas. Sistemas de Salvaguardias asociados a la contención en centrales nucleares.
- A.7.- Sistemas de refrigeración de componentes nucleares y de servicios esenciales. Sumidero final de calor. Funciones. Tipos. Análisis de seguridad.
- A.16.- Procedimientos de operación normal y de emergencia en centrales nucleares. Criterios de elaboración.
- A.31.- Aplicación de los análisis de seguridad. Regulación informada por el riesgo.

- A.33.- Gestión del combustible irradiado. Métodos de almacenamiento a corto, medio y largo plazo. Estudios de seguridad asociados.
- B.10.- Protección radiológica durante el desmantelamiento de las instalaciones nucleares y radiactivas. Restauración del emplazamiento antes de la clausura.
- B.11.- Seguridad y protección radiológica en las instalaciones de almacenamiento definitivo de residuos radiactivos.
- B.22.- Programas de vigilancia radiológica ambiental. Diseño y desarrollo.
- B.24.- Gestión de los residuos radiactivos producidos en las instalaciones nucleares. Acondicionamiento y almacenamiento.
- B.25.- Gestión de los residuos radiactivos producidos en las instalaciones radiactivas. Acondicionamiento y almacenamiento.
- B.26.- Políticas y estrategias de gestión de residuos radiactivos en España. El Plan General de Residuos Radiactivos.

3.- INTRODUCCIÓN.

Además del ámbito legal que fije la autorización correspondiente, la extensión o límite físico del área geográfica donde se sitúa una instalación nuclear, dependerá del ámbito territorial que marcan los parámetros del emplazamiento y, también, de otros aspectos dependientes del tipo de instalación que aloje.

Así, en la autorización correspondiente, se establece una zona de exclusión bajo control del explotador, delimitada por un círculo de radio variable que depende del tipo de instalación (en CCNN, entre 700m y 800m) y que se corresponde con los límites máximos de dosis deducidos en función del peor accidente considerado en el diseño; o también que, para el PEI, el doble vallado de la instalación sea un límite físico del emplazamiento dentro del cual el titular de la autorización debe planificar e iniciar las acciones de emergencia. Sin embargo, para caracterizar la Sismicidad, puede ser necesario analizar la información existente hasta decenas de kilómetros en profundidad y distancias de cientos de kilómetros, o mayores en el caso de los tsunamis.

Como acción de emplazar, el emplazamiento es el conjunto de procesos por el cual se selecciona un sitio y se construye en él una instalación nuclear dada; para lo cual, se caracterizan los parámetros externos de los sitios potenciales para periodos que van más allá del tiempo de operación; y, en función de los criterios de seguridad nuclear y protección radiológica establecidos, se evalúa el diseño y viceversa: el efecto de la instalación sobre el emplazamiento, incluidas la fase de construcción y de operación. Este conjunto de procesos asociados a la acción de emplazar, puede contribuir de forma significativa en el coste económico global de la construcción de la parte civil de una instalación nuclear.

La consideración de los riesgos naturales en el proceso de licenciamiento de las CCNN españolas, está regulada por el Apéndice A '*Seismic and Geologic Siting Criteria for NPPs*' del 10CFR100; que a su vez da respuesta al Criterio General de Diseño nº 2 '*Design Bases for Protection Against Natural Phenomena*', del Apéndice A del 10CFR50 de los Estados Unidos de Norteamérica, que dice:

'SSCs important to safety shall be designed to withstand the effects of natural phenomena such as earthquakes, tornadoes, hurricanes, floods, tsunamis, and seiches without loss of capacity to perform their safety functions. The design bases for these SSCs important to safety shall reflect: (1) appropriate consideration of the most severe of the natural phenomena that have been historically reported for the site and surrounding area, with sufficient margin for the limited accuracy, quantity and period of time to which the historical data have been accumulated, (2) appropriate combinations of the effects of normal and accident conditions with the effects of the natural phenomena and (3) the importance of the safety functions to be performed '

El terremoto Tohoku (M 9) resulta paradigmático de una interpretación del CGD 2 exclusiva en el ámbito de la sismicidad histórica; así, la revaluación del terremoto de diseño de CN Fukushima Dai-ichi realizada para la autorización de 2011 de la extensión de vida, sólo consideró información histórica y obtuvo que en esa parte de la fosa de Japón no podía darse tal magnitud, minusvalorando el 'run up' del tsunami asociado. Sin embargo, la información prehistórica del tsunami Jogan (año 869), extraída desde 2001 del registro geológico existente en la planicie de Sendai, mostró la ocurrencia de un suceso con magnitud equivalente.

Como ha mostrado el suceso iniciador del accidente nuclear de Japón (2011), la interpretación adecuada del CGD 2, requiere reducir la incertidumbre extendiendo la base de datos más allá del período histórico para lo cual, incluso en zonas con alta actividad sísmica, es necesario incluir el análisis del registro geológico.

El criterio anterior extendido al resto de IINN, implica asegurar que: a) se toman medidas para prevenir los accidentes y mitigar consecuencias; b) en caso de ocurrencia de los accidentes de diseño, incluidos los de muy baja probabilidad, existe alta confianza de que las consecuencias radiológicas serán bajas e inferiores a los límites establecidos; y c) la probabilidad de ocurrencia de accidentes con consecuencias radiológicas graves es extremadamente baja.

La consideración del emplazamiento se contempla con diferente alcance en todos los procesos de las autorizaciones significativas que debe obtener una instalación nuclear: selección del sitio, su diseño, la construcción, la operación, la revisión periódica de la seguridad, la extensión de vida, el cese de la explotación, el desmantelamiento, el período de cumplimiento y la clausura de la misma. Así mismo, esa consideración es aplicable, en general, a todas las instalaciones del ciclo del combustible nuclear, aunque, lógicamente, el alcance y los requisitos aplicables tendrán un nivel de exigencia diferente en función del riesgo asociado al tipo de instalación. Este tema de oposición se refiere al emplazamiento de IINN

4.- PARÁMETROS DEL EMPLAZAMIENTO.

La evaluación de las IINN en términos de seguridad nuclear y de protección radiológica, tiene por objeto garantizar la protección del público y del medio ambiente, frente a las consecuencias radiológicas que puedan derivarse de la emisión normal o accidental de radionúclidos. La consecución de estos fines requiere caracterizar de forma continua parámetros del emplazamiento cuya influencia o impacto suponga un riesgo durante la vida de la IN, lo que incluye el análisis de los efectos magnificados por la sinergia entre distintos parámetros y sus variables.

A lo largo de la vida de la instalación nuclear se desarrollan programas que vigilan los parámetros críticos del emplazamiento, e incorporan nuevos datos y análisis

según la nueva normativa y el estado del arte, con el fin de asegurar que la caracterización inicial sigue siendo adecuada para evaluar el posible impacto (radiológico y no radiológico) de la instalación sobre el emplazamiento y también viceversa, y confirmar que con el paso del tiempo el riesgo global de la instalación nuclear continúa siendo aceptablemente bajo.

El alcance de la caracterización del sitio debe permitir la evaluación adecuada de: a) los efectos derivados de la ocurrencia de los sucesos externos (naturales y de origen humano) sobre las IINN; y b) las características del emplazamiento y del medio ambiente que puedan intervenir en la transferencia de la radioactividad que pudiera ser liberada, incluida la evolución prevista de esas características durante la vida de la instalación. En general, para obtener una caracterización adecuada de las variables asociadas a los parámetros del emplazamiento, se debe alcanzar un conocimiento integrado del conjunto emplazamiento e instalación, incluido el comportamiento de ambos.

La peligrosidad asociada a la ocurrencia de los sucesos externos, se deduce del análisis de las bases de datos del emplazamiento, mediante el uso de métodos deterministas, probabilistas, y de opinión de expertos; sin embargo, la muestra disponible suele contener el período histórico y, según el parámetro, puede que sólo el instrumental, por lo que el tamaño de la muestra resulta limitado para analizar los eventos máximos que tengan baja/muy baja frecuencia de ocurrencia. En estos casos, los métodos indicados deben incorporar las incertidumbres (aleatoria y epistemológica) asociadas.

Los análisis y resultados de importancia para la seguridad nuclear y la protección radiológica, se deben documentar con suficiente detalle mediante un control de calidad adecuado, para poder ser verificados y revisados desde el inicio de forma independiente.

4.1. PARÁMETROS EXTERNOS NATURALES.

Con carácter general, es necesario identificar y caracterizar la severidad de los fenómenos naturales que se puedan presentar, con el fin de evaluar los efectos asociados a su ocurrencia y poder garantizar la seguridad de la instalación frente a los sucesos extremos. A partir de la caracterización de los máximos sucesos externos se determinan y definen las bases de diseño de la instalación nuclear que dependen del emplazamiento. Así mismo, en el caso de las CCNN dicha caracterización debe garantizar la disponibilidad del foco frío asegurando que, en todo momento, la aportación del volumen de agua esencial necesario está asegurada.

En la evaluación de los diferentes sucesos se debe analizar toda la información prehistórica, histórica e instrumental conocida sobre su ocurrencia y severidad, incluida la derivada de la experiencia operativa propia y ajena de instalaciones similares; y el resultado del análisis se debe expresar en términos que definan de forma apropiada la peligrosidad de los sucesos más severos que puedan afectar a la instalación nuclear. Por otro lado, también será necesario evaluar los efectos debidos a la ocurrencia de varios sucesos naturales coincidentes en el tiempo.

Para caracterizar las variables de parámetros externos naturales (Meteorología, Sismología, Hidrología Superficial, Hidrogeología) que puedan suponer un riesgo para la instalación, se deben mantener en el emplazamiento los dispositivos necesarios para su vigilancia durante toda la vida de la instalación, y disponer de

registros instrumentales previos obtenidos en otras estaciones meteorológicas próximas al emplazamiento.

Por otra parte, antes de la puesta en marcha de una instalación nuclear y para evaluar el posible impacto de su funcionamiento, será necesario caracterizar el fondo radiológico previo de la atmósfera, la hidrosfera superficial y subterránea, la litosfera y la biota del emplazamiento.

4.1.1.- Meteorología.

Su caracterización tiene un objeto doble; por un lado determinar el impacto en la instalación por ocurrencia de fenómenos meteorológicos severos (acción del viento, tornados, precipitación de agua o nieve, rayos, temperaturas extremas, oleaje, ciclones, etc.), para establecer unas bases de diseño envolventes de la severidad de los sucesos extremos; y anticipar el comportamiento del material radiactivo que pueda ser emitido en operación normal o en caso de accidente a la atmosfera.

Una descripción de detalle y actualizada del proceso de caracterización se recoge en la SSG-18 'Meteorological and Hydrological Hazards in Site Evaluation for Nuclear Installations', del IAEA, editada en noviembre de 2011.

4.1.2.- Geología.

Tiene por objeto caracterizar el medio físico inmediato sobre el que se emplaza la instalación nuclear y el área de influencia de la misma, incluido el volumen de subsuelo que pueda ser origen de riesgos geológicos potenciales, de forma que la información estructural, tectónica, sismológica, estratigráfica, radiológica, etc., permita una evaluación adecuada de los parámetros sísmico, hidrológico, hidrogeológico, geotécnico y ecológico.

4.1.3.- Sismología.

El objeto de su caracterización es el establecimiento de una envuelta de diseño adecuada para definir la base de diseño la instalación. Para ello es necesario determinar el máximo movimiento vibratorio del terreno en el emplazamiento, identificar la existencia de fallas capaces en el mismo, y también la posibilidad de ocurrencia de efectos secundarios asociados (subsistencia, licuefacción, deslizamientos, rotura de presas, etc.); y en los emplazamientos costeros, determinar la severidad de los tsunamis asociados.

A partir de información del parámetro geológico, se identifica y evalúa la actividad sismogénica de las fallas y estructuras tectónicas de la corteza terrestre hasta distancias de $\approx 300\text{km}$, caracterizando las fuentes sísmicas, la transmisión de las ondas, y el 'efecto sitio' a partir de las propiedades estáticas y dinámicas de los materiales del emplazamiento; todo ello con el fin de definir máximo terremoto en el campo libre del emplazamiento. Mediante paleosismicidad se analiza en el ámbito próximo la existencia de fallas capaces de romper o deformar la superficie del terreno en el emplazamiento; y si es el caso, se caracteriza la ocurrencia de tsunamis asociados a la actividad sísmica, lo cual puede requerir la consideración de fuentes muy lejanas.

Una descripción de detalle y actualizada del proceso de caracterización se recoge en la SSG-9, 'Seismic Hazards in Site Evaluation for Nuclear Installations', agosto 2010, del IAEA.

4.1.4.- Geotecnia.

Tiene por objeto determinar el impacto sobre la IN de cualquier inestabilidad del subsuelo como colapso, deslizamientos, subsidencia y/o levantamiento del terreno, licuefacción, etc.; a fin de diseñar soluciones y métodos constructivos adecuados que aseguren la estabilidad del subsuelo durante la vida de la IN.

A partir de la información geológica de base y de los reconocimientos de campo, se caracterizan las propiedades estáticas y dinámicas de los materiales de la columna de terreno del emplazamiento que dan soporte y son el cimiento de las estructuras civiles de la instalación.

4.1.5.- Hidrología superficial.

El objeto de su caracterización es doble: por un lado, determinar el máximo nivel de inundación por las diversas causas posibles (precipitación, avenida, marea alta, fusión de nieve, oleaje de tormenta, seiches, rotura de presas, etc.), para definir la cota de explanación como base de diseño y establecer las protecciones adecuadas; y por otro, modelar el medio para poder anticipar el comportamiento del material radiactivo que pueda emitirse en operación normal o en accidente al agua superficial.

Dicha caracterización requiere información meteorológica de partida, que incluye las condiciones del flujo de agua, la cota de los niveles de inundación/sequía, de inundación/regresión marina, localización y características de las presas, tiempo de alerta disponible, origen y los usos del agua, las fluctuaciones del caudal, la composición química etc.

Una descripción de detalle y actualizada del proceso de caracterización se recoge en la SSG-18 'Meteorological and Hydrological Hazards in Site Evaluation for Nuclear Installations', del IAEA, editada en noviembre de 2011.

4.1.6.- Hidrogeología.

El objeto de su caracterización es doble: por un lado garantizar la seguridad de las estructuras civiles bajo la acción del agua subterránea (degradación del hormigón, asentamiento, etc.), y evitar la inundación de la parte enterrada de las mismas; y por otro lado, modelar el medio para anticipar el comportamiento hidrogeológico de material radiactivo procedente del agua superficial o que sea emitido de la instalación en accidente.

La caracterización de este parámetro incluye los usos del agua subterránea en el sitio y su entorno, el origen del agua de recarga de los acuíferos, las fluctuaciones del nivel freático, la permeabilidad, los gradientes de flujo, el comportamiento frente al transporte de radionúclidos, la composición química, (radiológica y convencional), y todo los factores necesarios para evaluar las consecuencias de accidentes, o establecer controles sobre fenómenos hidrodinámicos que puedan afectar a estructuras o componentes relacionados con la seguridad.

4.1.7.- Ecología.

Su objeto es caracterizar las variables de los ecosistemas del medio ambiente necesarias para evaluar el impacto radiológico y convencional, asociado a la operación de la instalación, así como anticipar el comportamiento en la biota del posible material radiactivo liberado desde la instalación.

La caracterización debe considerar todas las vías, directas e indirectas, por las cuales el material radiológico liberado desde la instalación pueda alcanzar y afectar al medio ambiente y las personas, y en especial considerar la función de la biosfera como elemento de transporte y acumulador de la radiactividad, incluido el territorio y las masas de agua que puedan ser usadas por la población o que sea hábitat de los organismos presentes en las cadenas tróficas.

4.2.- PARÁMETROS EXTERNOS DE ORIGEN HUMANO

Con el fin de evaluar de forma adecuada el riesgo radiológico de los individuos y de la población, se identifican y evalúan todas las situaciones y actividades de origen humano que puedan influir en la ocurrencia de sucesos accidentales, y en la transferencia a las personas y al medio ambiente del material radiactivo que pueda emitir la instalación, incluidos los cambios previsibles a futuro en el uso del suelo y del agua, y en las actividades humanas. También se evalúan los efectos de otras actividades e instalaciones que sean un riesgo añadido.

La zona de estudio debe ser suficientemente amplia, con el fin de incluir las características del fenómeno asociado al parámetro de interés y que puedan ser significantes para su caracterización. A partir de la caracterización demográfica se definen bases de diseño de la instalación que dependen del emplazamiento.

4.2.1.- Demografía

Tiene por objeto caracterizar la densidad de la población, hábitos alimenticios y el uso de la tierra y del agua, en especial la más afectada por su proximidad a la instalación, con el fin de definir grupos críticos de población y garantizar que durante la operación normal se cumplen los niveles establecidos de exposición radiológica, y que el riesgo radiológico en accidente es aceptablemente bajo.

La caracterización se realiza mediante el análisis estadístico de la densidad de la población, local y transeúnte, en áreas circulares de radio creciente centradas en la IN, que se completa con una previsión demográfica extendida a toda la vida de la instalación, considerando tendencias de crecimiento, fecundidad, mortalidad y migración. Para valorar el efecto radiológico sobre el medio ambiente y la cadena alimentaria, se identifican los ecosistemas y se analiza el uso del suelo y agua, cadenas tróficas, hábitos dietéticos, ocupaciones, costumbres, u otros aspectos, que puedan condicionar el impacto radiológico de la instalación sobre su entorno.

4.2.2.- Otros parámetros de origen humano.

Tiene por objeto la identificación y caracterización de situaciones y actividades humanas que supongan un riesgo añadido para la instalación nuclear, como pueden ser las industrias o instalaciones militares del entorno próximo, donde se utilicen o almacenen productos tóxicos o peligrosos, y cuya liberación o explosión pueda comprometer la seguridad de la instalación. De igual forma se identifican y caracteriza la peligrosidad asociada a oleoductos, gaseoductos y vías de comunicación terrestre con circulación de sustancias peligrosas.

En este grupo también se incluye el riesgo de caída de aviones, y si se determina un riesgo significativo, la caracterización de este suceso debe incluir el impacto, la explosión y el fuego consecuentes. Adicionalmente, en el caso de las CCNN se debe analizar la pérdida del suministro eléctrico exterior, debida a la ocurrencia de sucesos externos (terremoto, viento fuerte, tornado, etc.).

4.3.- EFECTOS POTENCIALES DE LA INSTALACIÓN EN EL SITIO.

La instalación nuclear y el emplazamiento se analizan en conjunto para poder asegurar que en condiciones de operación normal y en caso de accidente, el riesgo radiológico del público y el medio ambiente por la liberación de material radiactivo es aceptablemente bajo.

Con la información derivada de la caracterización de los parámetros geológico, hidrológico, hidrogeológico y meteorológico, se elaboran modelos de transporte y dispersión de los posibles materiales radiactivos emitidos por la instalación a la atmósfera, al terreno, y al agua superficial y subterránea.

Los resultados de los modelos anteriores se combinan con la caracterización de los parámetros ecológico y demográfico, incluido el uso del suelo y del agua, para determinar el posible impacto en la población y el medio ambiente a través de las vías de exposición existentes.

También se identifican y evalúan variables de la población como su densidad, uso del suelo y del agua, y otras características del emplazamiento como las vías de comunicación, para planificar de forma adecuada las medidas de emergencia.

5.- SELECCIÓN DEL EMPLAZAMIENTO.

En la selección del emplazamiento de una instalación, es necesario considerar todos los parámetros relevantes del mismo que puedan afectar la seguridad de la instalación nuclear, y también los que puedan verse afectados por la propia instalación, incluida la viabilidad para desarrollar planes de emergencia. En este sentido, todos los emplazamientos candidatos se evalúan frente a sucesos externos de origen natural y humano que puedan afectar a la seguridad de la instalación, así como los posibles efectos de la instalación sobre la población y el medio ambiente circundante, incluido el uso del suelo y del agua. En esta fase también es necesario evaluar la idoneidad de todos los parámetros del emplazamiento para el horizonte de vida de la instalación.

Los parámetros del sitio relevantes para la instalación se deben tener en cuenta en su diseño, y la aceptabilidad del emplazamiento en relación con el tipo de instalación, necesita ser demostrada previamente. Las variables densidad de la población y su distribución en el tiempo de vida de la instalación son de particular importancia, y se necesita una evaluación periódica de las mismas para asegurar la viabilidad de los planes de emergencia.

Los parámetros externos que intervienen en la evaluación de un emplazamiento nuclear son numerosos y los resultados no están exentos de incertidumbres, en especial los derivados de sucesos con frecuencia de ocurrencia muy baja; lo que supone un importante esfuerzo de caracterización, incertidumbres incluidas, del que resulta un coste económico alto. Con objeto de optimizar el proceso de selección, existen metodologías para escalonar en fases los trabajos requeridos.

En una primera fase, se identifican los posibles emplazamientos dentro del área de interés, haciéndose una evaluación preliminar que permita un cribado inicial de los mismos. En una segunda fase, se hacen análisis para verificar las hipótesis de partida y tomar datos adicionales para informar mejor la toma de decisiones; y en fases posteriores, se realizan análisis complementarios con más detalle para elaborar un Estudio Preliminar de Seguridad del emplazamiento seleccionado.

En el primer momento de preselección de emplazamientos potenciales se utilizan, entre otros, mapas topográficos, geológicos, tectónicos, geofísicos, imágenes de satélite, fotografías aéreas, catálogos de sismos, etc., junto con otra información hidrológica e hidrogeológica de las cuencas hidrográficas. En esta fase se aplican criterios de exclusión demográficos (distancia mínima a poblaciones importantes), de existencia de riesgos externos naturales especialmente difíciles de envolver con el diseño, de tipo tectónico (distancia mínima a fallas capaces), geotécnico (licuefacción potencial, y subsidencia del terreno subyacente), etc., o también de otros riesgos externos debidos a las actividades humanas que pudieran afectar a la seguridad de la instalación. En CCNN, además se debe garantizar en todo momento el aporte seguro del volumen mínimo de agua esencial de refrigeración que forma parte del sumidero final de calor de la instalación.

En fases posteriores, este primer cribado se amplía con nuevos criterios de exclusión y se establecen curvas de idoneidad, que correlacionan la magnitud de un suceso externo dado con el diseño necesario para envolver sus efectos. Tras ser clasificados, los emplazamientos más adecuados se comparan entre sí según metodologías y se realiza una evaluación preliminar de las medidas de ingeniería que serían necesarias en cada uno de ellos.

En el almacenamiento geológico profundo no se da crédito a largo plazo a las barreras de ingeniería, y la idoneidad del emplazamiento se debe garantizar en todas sus variables geológicas. Por ejemplo, no debe haber evidencias de actividad volcánica reciente a escala geológica y se deben evitar las áreas con gradiente geotérmico anormalmente alto, la estructura y las dimensiones de la formación geológica del sitio deben ser suficientes para albergar la instalación, debe haber un margen de seguridad adecuado para garantizar el aislamiento del material radiactivo de la biosfera, o que las características físico-químicas y geoquímicas del medio geológico del emplazamiento retarden de forma suficiente la movilidad de los radionúclidos hacia la biosfera.

6.- DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LAS INSTALACIONES NUCLEARES.

Para prevenir la posible liberación de material radiactivo, tanto en las fases de diseño como en construcción, se aplica el principio de defensa en profundidad interponiendo múltiples barreras que proporcionan varios niveles de protección, y verificando que los fallos con consecuencias radiológicas significantes tengan una frecuencia de ocurrencia muy baja.

En el diseño de los sistemas que soportan las funciones de seguridad de la planta se aplica el criterio de ‘fallo seguro’ (el fallo no conduce a situaciones adversas); y la confianza en los sistemas se alcanza con medidas de diseño sujetas a los principios de redundancia, diversidad, e independencia. Este último principio es de interés en emplazamientos multiunidad y, en especial, si se trata de analizar sucesos externos como iniciadores de accidentes por fallos de causa común.

La base de diseño envuelve la severidad del conjunto de acciones asociadas a los sucesos externos base de diseño y, en caso de excedencia de la envuelta por ocurrencia de alguno de ellos, el margen del diseño de la instalación debe asegurar que se mantienen las funciones de seguridad requeridas.

Así mismo, para mantener la confianza requerida en el comportamiento de las ESC de la instalación, se incorporan al diseño y construcción tecnologías que

están probadas, o cualificadas por la experiencia y/o ensayos, cumpliendo de forma conservadora la normativa, y aplicando criterios que supongan márgenes de seguridad apropiados. Las fases de diseño y construcción también deben contemplar que la exposición a la radiación de los trabajadores, y el vertido de efluentes radiactivos, sean tan bajos como razonablemente sea posible.

Antes de la puesta en marcha, se realiza un análisis detallado de la seguridad de la instalación nuclear, para verificar que la operación es segura dentro de las condiciones límite establecidas, y que la severidad de los sucesos externos, incluso los de frecuencia muy baja de ocurrencia, está envuelta por las bases del diseño, y que las posibles consecuencias se mitigarían mediante sistemas de seguridad, procedimientos, y previsiones para gestión de accidentes. Este análisis de la seguridad se debe verificar de forma independiente.

Teniendo en cuenta lo anterior, son múltiples las variables de los parámetros del emplazamiento que hay que analizar por su participación en la definición de las bases de diseño, las condiciones de operación, y la activación de los planes de emergencia de la instalación. A continuación, se citan las más relevantes:

Meteorología: Se establecen bases de diseño de la instalación en relación con la velocidad del viento máxima y con el nivel de inundación según la Precipitación Máxima Probable (PMP); y se caracteriza la rosa y frecuencia del viento junto con los parámetros de estabilidad atmosférica e inversiones prolongadas, en relación con el transporte y difusión de la posible radiactividad liberada a la atmósfera por la instalación.

Se definen criterios para activar las distintas categorías del PEI de la instalación, en función de valores de viento extremos; y en las ETF se limitan la temperatura y la humedad relativa ambientales, en función de los márgenes de operación de los sumideros finales que evacúan el calor mediante torres de refrigeración. También se establecen ETF del sistema de vigilancia meteorológica.

Geología: Suministra la información de partida al resto de parámetros del sitio, y a partir de su análisis se identifican los riesgos geológicos (geotécnicos, sísmicos e hidrogeológicos).

Sismicidad. La base de diseño se denomina Sismo de Parada sin Riesgo (SSE), y corresponde al movimiento vibratorio del máximo terremoto posible. Todas las ESC importantes para mantener las funciones de seguridad se diseñan para esta carga sísmica. El diseño de las ESC también contempla ciertas combinaciones de cargas que puedan concurrir durante la operación, y las de carácter sísmico se denominan Terremoto Base de Operación (OBE). En las CCNN españolas este último se ha adoptado mitad del SSE, y ambos se caracterizan con espectros de la respuesta horizontal y vertical del terreno escalados para una aceleración pico dada, y con acelerogramas compatibles.

Se establecen ETF en caso de excedencia del nivel OBE, para iniciar acciones de inspección en la IN (en las CCNN esta acción requiere además iniciar la parada segura), y del sistema de vigilancia sísmica, y. También se definen criterios sísmicos para activar las categorías del PEI de la instalación.

Geotecnia: para definir las características resistentes del diseño y poder tomar las medidas geotécnicas e ingenieriles adecuadas, incluida la vigilancia de ciertas variables que aseguren la estabilidad del emplazamiento durante la vida de la

instalación, se determinan las propiedades estáticas y dinámicas, incluidos los módulos geotécnicos correspondientes, de los materiales del terreno subyacente, de los rellenos y taludes, plasmando los resultados e identificando los problemas geotécnicos en cartografía y secciones geotécnicas detalladas.

Hidrología: Se establece un nivel de inundación máximo como base de diseño, a partir del cual se define una cota segura de explanación de la instalación nuclear. El nivel de inundación máximo se determina con la Avenida Máxima Probable (AMP) que se obtiene a partir de la PMP recogida por las cuencas hidrográficas situadas aguas arriba de la instalación. También se considera la rotura de las presas de aguas arriba. En CCNN con sumidero final de calor que depende de masas de agua, se establece un caudal mínimo tras períodos de sequía prolongados que asegure el volumen de agua esencial requerido.

Se definen criterios para activar las categorías del PEI de la instalación en función de niveles de inundación; y en ETF se establecen límites de inventario de agua y de temperatura y en relación con la operabilidad del sumidero final de calor.

Agua subterránea: Se caracterizan las variables hidrogeológicas (niveles del agua subterránea, gradientes del flujo, permeabilidad, composición química, etc.) para asegurar que se cumplen los criterios de seguridad y protección establecidos. Las redes de drenaje profundo se diseñan con pozos de registro para permitir su control periódico. Así mismo, con el fin de evitar la entrada de agua subterránea, algunas instalaciones tienen ETF que regulan un sistema de seguridad de bombeo para mantener deprimida la cota del nivel freático.

Ecología: Se determinan una serie de variables biofísicas y bioquímicas relativas al medio vivo del emplazamiento, junto al uso de la tierra y del agua, y los hábitos de la población, para conocer el efecto de los materiales radiactivos sobre las cadenas tróficas que podrían ser afectadas.

Demografía y actividades humanas: Se caracteriza la densidad de población para distintos círculos con centro en la instalación y se prevé la demografía futura, utilizando la distancia a la población para realizar estimaciones de dosis radiactiva al público. También se utilizan las condiciones del sitio para la planificación de las emergencias, y se garantiza que el riesgo terrestre y aéreo derivado de otras instalaciones industriales, militares o de transporte próximas es muy bajo.

Con el fin de incorporar las principales lecciones aprendidas del accidente de CN Fukushima Dai-ichi, el RHWG de WENRA ha publicado la posición común de los países europeos sobre como cubrir esas lecciones en los objetivos de diseño de las nuevas CCNN. Ver en el enlace el informe final de agosto de 2013:

- http://www.wenra.org/media/filer_public/2013/08/23/rhwg_safety_of_new_npp_designs.pdf

7.- OPERACIÓN DE LAS INSTALACIONES NUCLEARES.

Antes de la puesta en marcha de la instalación nuclear, es necesario demostrar que se han cumplido las especificaciones de diseño, y que su operación está controlada por los límites, condiciones y procedimientos derivados del análisis de seguridad. Las modificaciones de diseño deben estar controladas de acuerdo con procedimientos aprobados, y cuando alteran las condiciones y los límites de funcionamiento establecidos, es necesario realizar un análisis de seguridad que justifique los nuevos límites y condiciones.

Durante la operación, se deben mantener las IINN de forma continua y según procedimientos aprobados, a fin de asegurar que las ESC importantes para la seguridad están disponibles, operan según lo previsto, y mantienen su capacidad para cumplir los objetivos del diseño y los requisitos del análisis de seguridad. En ese sentido, es necesario abordar inspecciones para detectar vulnerabilidades y garantizar la operabilidad de los sistemas importantes para la seguridad, como el sumidero final de calor, o proteger la planta frente a los sucesos meteorológicos extremos, tanto en operación normal como en caso de accidente.

Se debe disponer de procedimientos aprobados para anticipar la respuesta de los operadores de la instalación frente a sucesos operacionales y accidentes que puedan derivar en consecuencias severas incluso si su probabilidad es muy baja. Así, en las CCNN se establecen procedimientos de excedencia del OBE, para que en caso de terremoto se disponga de criterios adecuados para determinar dicha excedencia que, si ocurre, requiere la parada ordenada de la CN.

Se debe incorporar la experiencia operativa propia y ajena de otras instalaciones similares, y se debe diseminar la información significativa para la seguridad entre las organizaciones nacionales e internacionales. Esta experiencia es importante para determinar la necesidad de modificar procedimientos, prácticas, equipos, o requisitos relacionados con la seguridad de la instalación. Así, en plantas que captan el agua de refrigeración de ríos, lagos, o el mar, la presencia masiva de organismos y otros restos puede taponar la toma o partes internas y comprometer la función de refrigeración; lo que requiere establecer controles y procedimientos de operación que minimicen las consecuencias derivadas.

En relación con el emplazamiento, se deben establecer programas de vigilancia sísmica, geotécnica, meteorológica, hidrogeológica y ecológica, para garantizar el control de las variables contempladas en la base de diseño y en las ETF de la instalación; y también para acrecentar las bases de datos de los diferentes parámetros del emplazamiento, durante todo el tiempo de vida de la instalación.

La vigilancia de estas variables se realiza de forma permanente (por ejemplo, acelerógrafos situados en el campo libre, pozos hidrogeológicos para el control permanente del nivel de agua subterránea, o los equipos meteorológicos situados en las torres meteorológicas). De igual forma, resulta necesario vigilar la calidad química (radiológica y no radiológica) del agua subterránea y superficial.

8.- REVISIÓN PERIÓDICA DE LA SEGURIDAD.

Tanto en el ámbito europeo como en el español, el proceso de autorización de las IINN establece la necesidad de realizar, cada diez años como máximo, una Revisión Periódica de la Seguridad.

Durante la vida de una IN, se obtienen nuevos datos y desarrollos metodológicos de análisis, que se incorporan según se actualiza el conocimiento, y que pueden generar nueva normativa. Por otra parte, se autorizan modificaciones de diseño, o hay cambios en las circunstancias consideradas en diseño, que pueden mostrar la necesidad de reevaluar parámetros del sitio importantes para la seguridad, a fin de garantizar que su caracterización sigue siendo aceptable.

Así mismo, es posible que se detecten vulnerabilidades de la instalación frente a sucesos extremos de terremotos, viento, etc., y se considere necesario adoptar mejoras. Por ejemplo, el desarrollo de procedimientos de excedencia del OBE, y

la sustitución de los equipos analógicos de vigilancia sísmica iniciales por nuevos equipos digitales que permiten detectar de forma inmediata dicha excedencia.

En la revisión de seguridad se deben tener en cuenta los efectos acumulativos de las modificaciones de diseño, los cambios en procedimientos, la experiencia operativa, el envejecimiento y los desarrollos técnicos. Esta revisión tiene una importancia especial cuando la operación se va a extender más allá del período de vida para el que fue diseñada la instalación.

El informe final de ENSREG de las pruebas de resistencia europeas, subraya la importancia de reevaluar los sucesos externos cuando sea necesario, y al menos cada diez años; recomendando a los reguladores que, cuando exista información relevante y/o durante la revisión periódica, se considere la reevaluación frente a sucesos externos, incluyendo la determinación del margen y de la peligrosidad más allá del mismo. El mismo informe recoge que, debido a la gran incertidumbre asociada es lógico y útil complementar el análisis determinista con el probabilista; y se recomienda que en la revisión periódica se incluya el APS cuya técnica está bien desarrollada. Información detallada sobre la posición del RHWG de WENRA sobre la revisión periódica de la seguridad se puede descargar de:

- http://www.wenra.org/media/filer_public/2013/04/05/rhwg_position_psr_2013-03_final_2.pdf

En la normativa de la NRC, el análisis de los riesgos externos sobre la instalación se aborda con metodologías probabilistas que incorporan las incertidumbres y permiten cribar los sucesos con menor frecuencia de ocurrencia. El objetivo del análisis es integrar el estado del conocimiento y los datos obtenidos durante la operación, con los cambios habidos en el emplazamiento y en la instalación que hayan alterado las condiciones consideradas al inicio, con el fin de conocer la vulnerabilidad de la planta frente a riesgos no contemplados en el diseño.

Como partida, se analizan los sucesos externos posibles (rotura de presas aguas arriba, accidentes en vías de comunicación cercanas, nevadas, nieblas, sequía, etc.) que figuran en el NUREG/CR-2300, y se criban los sucesos externos con frecuencia más alta para ser analizados con mayor detalle.

La envuelta del diseño debe proteger la instalación nuclear frente a la ocurrencia de los sucesos con mayor riesgo identificados en el proceso de cribado. Dicha protección se justifica con el cumplimiento de los requisitos del NUREG-800; y si los requisitos no se cumplen, es necesario abordar un análisis específico de los sucesos identificados según una o más de las siguientes (NUREG-1407):

- Determinar si la frecuencia del suceso es aceptablemente baja, lo que en términos matemáticos significa analizar si la frecuencia de excedencia de la base de diseño combinada con la frecuencia condicional de daño al núcleo es menor que 10^{-6} reactor/año (10^{-5} y 10^{-1} reactor/año respectivamente).
- Realizar un análisis de contorno con cálculos conservadores para demostrar que la ocurrencia del suceso no induce daño al núcleo, o que la frecuencia de este daño es menor que 10^{-6} reactor/año.
- Realizar un 'Probabilistic Risk Assessment' que incluya la ocurrencia del suceso y las fragilidades de la IN, para analizar los caminos de parada con éxito y/o las secuencias de accidentes, y las consecuencias de una liberación de material radiactivo. Si la frecuencia de daño al núcleo es menor a 10^{-6} reactor/año, no es necesario analizar con más detalle el suceso.

9.- PROTECCIÓN FRENTE A SUCESOS EXTERNOS.

Tras el accidente nuclear de CN Fukushima Dai-ichi, los organismos reguladores europeos (ENSREG) requirieron a las CCNN bajo su supervisión, la realización de 'stress test' (pruebas de resistencia) frente a sucesos externos, según criterios que fueron establecidos mediante especificaciones de WENRA¹. El alcance de estas pruebas cubría el análisis de los parámetros Sismicidad e Hidrología; de la pérdida de las funciones de seguridad tras cualquier suceso iniciador concebible (incluida la pérdida de alimentación exterior y del sumidero final de calor); y de la gestión de un accidente severo, incluidas las piscinas de almacenamiento. A la vista de los resultados, ENSREG elaboró un plan de acción² con alcance general, que fue complementado con los planes de acción de los reguladores nacionales. El informe final de ENSREG, los informes finales de los países concernidos, y los planes de acción se pueden descargar en:

- <http://www.ensreg.eu/node/407>

- <http://www.ensreg.eu/EU-Stress-Tests/Country-Specific-Reports/EU-Member-States>

- <http://www.ensreg.eu/EU-Stress-Tests/Country-Specific-Reports/EU-Neighbouring-Countries>

Por otra parte, y con el fin de contemplar las lecciones aprendidas del accidente de CN Fukushima Dai-ichi, el RHWG de WENRA está revisando la versión 2008 de los Niveles de Referencia (RLs) que, una vez aprobados, serán aplicables a los reactores europeos existentes. En el enlace siguiente se recoge la revisión de noviembre de 2013 de los Niveles de Referencia propuestos, y en el apartado T de la misma se indican los considerados para sucesos externos:

- http://www.wenra.org/media/filer_public/2013/11/21/updated_reference_levels_for_existing_npp_-_november_2013.pdf

En paralelo a la revisión de los Niveles de Referencia, el RHWG de WENRA está elaborando el borrador del documento 'Guidance Head' que propone el desarrollo de los Niveles de Referencia para los sucesos externos, y que anexa tres guías detalladas: 'Seismic Events', 'Specific Flooding' y 'Extreme Weather Conditions'.

10.- DESMANTELAMIENTO, PERÍODO DE CUMPLIMIENTO Y CLAUSURA

Una vez decidido el cese de explotación de una instalación nuclear, se procede a desmantelarla de acuerdo con un programa establecido. Este programa difiere según el tipo de instalación y riesgo asociado. En el caso de CCNN la gestión de los residuos radiactivos de alta actividad tiene un papel principal. Dicha gestión requiere construir en el propio emplazamiento un ATI (Almacenamiento Temporal Individualizado), o trasladar los residuos a un Almacén Temporal Centralizado (ATC), en espera de un destino final. La primera solución se autoriza como una modificación de diseño y con el desmantelamiento de la planta, pasa a ser una instalación nueva que, como el ATC, debe satisfacer los criterios aplicables del emplazamiento requeridos por la normativa específica.

Durante el desmantelamiento de las partes de la IN ligadas a la operación, es necesario continuar la vigilancia de los parámetros del sitio para determinar el impacto habido sobre el mismo. Si se determina que ha habido una afección, se deben establecer acciones de remedio y restauración del emplazamiento, y

¹ <http://www.ensreg.eu/node/289/>

² <http://www.ensreg.eu/node/417>

mantener la vigilancia de los parámetros apropiados durante un período de cumplimiento dado, con el fin de garantizar que se alcanza en dicho período el fin pretendido por dichas acciones y proceder a la clausura de la instalación, lo que supone la liberación definitiva del emplazamiento para usos convencionales.

11.- BIBLIOGRAFÍA.

Este punto recoge otras referencias que informan sobre el tema de oposición:

Principios y criterios

IAEA, Safety Fundamentals nº 110, “The Safety of Nuclear Installations” July 1993.

IAEA, Fundamentos de Seguridad nº 111-F, “Principios para la gestión de desechos radiactivos”, febrero 1996.

Emplazamiento:

CSN/IS/9/85, “Criterios objetivos para la selección de emplazamientos para el almacenamiento definitivo de residuos radiactivos”. Informe al congreso de los Diputados y al Senado, Anexo III, Consejo de Seguridad Nuclear, 1985.

IAEA, Safety Requirements nº NS-R-3, “Site Evaluation for Nuclear Installations”, November 2003. Sustituye al Código nº 50-C-S, Rev. 1, de 1988.

IAEA, Safety Guide nº NS-G-3.1, “External Human Induced Events in Site Evaluation for Nuclear Power Plants”, May 2002. Es la primera revisión de la guía nº 50-SG-S5 de 1981.

IAEA, Safety Guide nº NS-G-3.2, “Dispersion of Radioactive Material in Air and Water and Consideration of Population Distribution in Site Evaluation for Nuclear Power Plants”, March 2002. Sustituye a cuatro guías anteriores: nº 50-SG-S3 de 1980 sobre la dispersión atmosférica, nº 50-SG-S4 de 1980 sobre la distribución de la población, nº 50-SG-S6 de 1985 sobre la dispersión hidrológica, y nº 50-SG-S7 de 1984 sobre la dispersión hidrogeológica.

IAEA, Specific Safety Guide nº SSG-9, “Seismic Hazards in Site Evaluation for Nuclear Installations”, August 2010. Sustituye la anterior NS-G-3.3, “Evaluation of Seismic Hazards for Nuclear Power Plants”, December 2002, que sustituyó a la 50-SG-S1, Rev. 1, de 1991.

IAEA, Specific Safety Guide nº SSG-18 “Meteorological and Hydrological Hazards in Site Evaluation for Nuclear Installations”, November 2011. Unifica y sustituye las anteriores NS-G-3.4, “Meteorological Events in Site Evaluation for Nuclear Power Plants”, May 2003 (sustituía a las guías nº 50-SG-S11A, de 1981, sobre sucesos meteorológicos extremos en el emplazamiento de CCNN y nº 50-SG-S11B, de 1984, sobre las bases de diseño de CCNN frente a ciclones tropicales); y NS-G-3.5, “Flood Hazard for Nuclear Power Plants on Coastal and River Sites”, May 2003 (que unificaba las guías nº 50-SG-S10A y 50-SG-S10B, de 1983, sobre las bases de diseño de CCNN frente a inundaciones desde la costa o ríos).

IAEA, Safety Guide nº NS-G-3.6, “Geotechnical Aspects of Site Evaluation and Foundations for Nuclear Power Plants”, December 2004. Sustituye a la guía nº 50-SG-S8 de 1986, relativa a la cimentación de las CC. NN.

IAEA, Requisitos de Seguridad nº WS-R-1, "Disposición final de desechos radiactivos cerca de la superficie", junio 2004.

IAEA, Guía de Seguridad nº WS-G-1.1, "Evaluación de la seguridad para la disposición final de desechos radiactivos cerca de la superficie", mayo 2004.

IAEA, Safety Guide nº 111-G-3.1, "Siting of Near Surface Disposal Facilities", December 1994.

IAEA, Safety Guide nº 111-G-4 1, "Siting of Geological Disposal Facilities", May 1994.

USNRC, "10 Code Federal Register, Part 100, "Reactor Site Criteria"; including Appendix A "Seismic and Geologic Siting Criteria for Nuclear Power Plants", Nuclear Regulatory Commission of United States, January 1997.

Diseño:

IAEA, Safety Requirements nº NS-R-1, "Safety of Nuclear Power Plants: Design", September 2000. Sustituye al Código nº 50-C-D, Rev. 1, de 1988.

IAEA, Safety Guide nº NS-G-1.2, "Assessment and Verification for Nuclear Power Plants", November 2001.

IAEA, Safety Guide nº NS-G-1.5, "External Events Excluding Earthquakes in the Design of Nuclear Power Plants", November 2003.

IAEA, Safety Guide nº NS-G-1.6, "Seismic Design and Qualification for Nuclear Power Plants", November 2003.

IAEA, Safety Guide nº NS-G-1.10, "Design of Reactor Containment Systems for Nuclear Power Plants", 2004.

IAEA, Safety Series nº 50-P-7, "Treatment of External Hazards in Probabilistic Safety Assessment for Nuclear Power Plants", 1995.

IAEA, Safety Guide nº 116, "Design of Spent Fuel Storage Facilities", December 1994.

IAEA, Safety Guide nº 118, "Safety Assessment for Spent Fuel Storage Facilities", December 1994.

USNRC, "10 Code Federal Register, Part 50 "Domestic Licensing of Production and Utilization Facilities", Sections 36 "Technical Specifications", 54 "Conditions of Licenses", Appendix A "General Design criteria for NPPs", and Appendix S "Earthquake Engineering Criteria for Nuclear Power Plants", Nuclear Regulatory Commission of United States, January 1997.

USNRC, NUREG-0800, "Standard Review Plan for the Review of Safety Analysis Reports for Nuclear Power Plants", Chapters 2 "Sites characteristics", 3 "Design of Structures, Components, Equipment, and Systems", 9 "Auxiliary Systems", and Chapter 16 "Technical Specifications", Nuclear Regulatory Commission of United States, March 2007.

Operación:

IAEA, Safety Requirements nº NS-R-2, "Safety of Nuclear Power Plants: Operation", 2000.

IAEA, Safety Requirements nº GS-R-2, "Preparedness and Response for a Nuclear or Radiological Emergency", September 2000.

IAEA, Safety Guide nº GS-G-1.2, "Review and Assessment of Nuclear Facilities by the Regulatory Body", August 2002.

IAEA, Safety Guide nº GS-G-1.3, "Regulatory Inspection of Nuclear Facilities and Enforcement by the Regulatory Body", August 2002.

IAEA, Safety Guide nº GS-G-2.2, "Operational Limits and Conditions and Operating Procedures for Nuclear Power Plants", November 2000. Sustituye a la guía nº 50-SG-O3 de 1979.

IAEA, Safety Report nº 35, "Surveillance and Monitoring of Near Surface Disposal Facilities for Radioactive Waste", June 2004.

Revisión Periódica de la Seguridad, actualización y extensión de vida:

IAEA, Safety Guide nº NS-G-2.10, "Periodic Safety Review of Nuclear Power Plants", August 2003.

IAEA, Safety Report nº 28, "Seismic Evaluation of Existing Nuclear Power Plants", Vienna, April 2003.

OCDE/NEA/CNRA/R(2001)1, "Regulatory Aspects of Life Extension and Upgrading of NPPs", CNRA Special Issue's Meeting 2000, Organisation for Economic Co-operation and Development, Nuclear Energy Agency, Paris, January 2001.

USNRC, Generic Letter 88-20 "Individual Plant Examination of External Events (IPEEE) for Severe Accident Vulnerabilities", Supplement 4, Nuclear Regulatory Commission of United States, June 1991.

USNRC, NUREG-1407, "Procedural and submittal Guidance for the Individual Plant Examination of External Events (IPEEE) for Severe Accident Vulnerabilities", Nuclear Regulatory Commission of United States, April 1991.

USNRC, NUREG/CR-2300, "PRA Procedures Guide", American Nuclear Society and Institute of Electrical and Electronic Engineers, January 1983.

Protección frente a sucesos externos.

ENSREG, "Post-Fukushima Accident. Peer Review Report. Stress Tests Performed on European NPPs", v12i, 2012.04.25, <http://www.ensreg.eu/node/407>.

Desmantelamiento, período de cumplimiento y clausura:

IAEA, Safety Guide nº WS-G-3.1, "Remediation Process for Areas affected by Past Activities and Accidents", March 2007.

Garantía de calidad:

UPM, "Control de calidad en el proyecto y construcción de la obra civil de centrales nucleares", Universidad Politécnica, Madrid, 1979.

IAEA, Safety Guide nº 50-C/SG-Q, "Quality Assurance for Safety in Nuclear Power Plants and Other Nuclear Installations", 1996.

Referencias en Internet

Las referencias bibliográficas anteriores, así como otras referencias de interés sobre el emplazamiento, también pueden obtenerse en los siguientes enlaces:

<http://www.csn.es/>

<http://www.enresa.es/>

<http://www.ensreg.eu>

<http://www.iaea.org/>

<http://www.nea.fr/>

<http://www.nrc.gov/>

<http://www.wenra.org>

12.- GLOSARIO

Como una referencia de interés y para mejorar la comprensión de términos significativos del texto relacionados con el emplazamiento y la instalación que aloja, seguidamente se recoge, una traducción de la definición de los mismos que proporciona la Organización Internacional de la Energía Atómica (OIEA):

Autorización (Licence)

Permiso que el organismo regulador concede al dueño de una instalación nuclear para desarrollar las actividades específicas relativas a la selección del emplazamiento, el diseño, la construcción, la puesta en marcha y la operación, el cese de la explotación y la clausura de la instalación.

Barrera (Barrier)

Obstrucción física que impide o retrasa el movimiento de radionúclidos u otras materias entre los componentes de un sistema (por ejemplo, en un almacén de residuos radiactivos, en general, la obstrucción física puede ser una barrera tecnológica y/o una barrera natural inherente al medio que rodea el almacén.

Bases de diseño (Design basis)

Sucesos y condiciones que se consideran de forma explícita y según criterios establecidos en el diseño, de forma tal que la instalación pueda resistirlos por la actuación de los sistemas de seguridad y sin exceder los límites autorizados.

Bases de la autorización (Licensing basis)

Conjunto de requisitos normativos aplicables a una instalación nuclear.

Cese de la explotación (Decommissioning)

Proceso de una instalación nuclear que deja de operar de forma

permanente. **Ciclo del combustible nuclear** (Nuclear fuel cycle)

Procesos relacionados con la producción de energía de origen nuclear, incluida la minería y el tratamiento de minerales, así como el enriquecimiento de uranio o torio, fabricación de combustible nuclear, operación de reactores nucleares,

reelaboración de combustible nuclear, clausura, actividades de gestión de residuos radiactivos, o actividad de investigación y desarrollo en cualquiera de los procesos mencionados.

Clausura (Decommissioning)

Proceso realizado al final de la vida de una IN para retirarla de servicio, con la debida atención a la salud y la seguridad de los trabajadores y miembros del público, y a la protección del medio ambiente. El objetivo final de la clausura es la liberación para el uso convencional del emplazamiento sin restricciones.

Condiciones y límites de operación (Conditions and operational limits)

Conjunto de normas que establecen límites de parámetros relacionados con la seguridad, la capacidad funcional de la instalación, y niveles de funcionamiento de los equipos y del personal, aprobados por el organismo regulador para la operación segura de una instalación nuclear.

Construcción (Construction)

Proceso de fabricación y ensamblaje de los componentes de una instalación nuclear, la construcción de obras civiles y estructuras, la instalación de componentes y equipos, y la ejecución de los ensayos asociados.

Diseño (Design)

Proceso y resultado del desarrollo del proyecto, sus detalles, los cálculos de soporte y las especificaciones operativas de una instalación y de sus partes.

Emplazamiento o sitio (Site)

Área geográfica donde se sitúa una instalación nuclear autorizada y en la cual el titular de la autorización puede iniciar directamente acciones de emergencia.

Emplazamiento (Sitting)

Acción de emplazar una instalación nuclear en un área geográfica dada, a través de un proceso de selección del emplazamiento más adecuado para ubicarla, que incluye la determinación y definición adecuada de las bases de diseño de la misma.

Fallo de causa común (common cause failure)

Fallo de dos o más estructuras, sistemas o componentes debido a una causa o suceso específico y único.

Fallo simple (single failure)

Fallo del que resulta la pérdida de la capacidad de un único componente para desarrollar la función de seguridad prevista, y cualquier fallo o fallos derivados que resulten de él.

Operación (Operation)

Todas las actividades llevadas a cabo para alcanzar el fin para el que fue construida la instalación nuclear, incluyendo el mantenimiento, la recarga, la inspección en servicio y las otras actividades asociadas.

Puesta en marcha (Commissioning)

Proceso durante el cual, una vez contruidos los sistemas y componentes de la instalación nuclear, éstos se hacen operativos y se verifica de acuerdo con los supuestos del diseño que cumplen los criterios de funcionamiento; lo que incluye las pruebas nucleares y no nucleares.

Reparación/Restauración del sitio (Environmental remediation/restoration)

Medidas adoptadas para descontaminar emplazamientos contaminados por la radioactividad, en los que pueden existir también otras sustancias peligrosas.

Revisión periódica de la seguridad (Periodic safety review)

Reconfirmación sistemática de la seguridad de una instalación nuclear que se realiza con intervalos regulares de tiempo, en la que se consideran los efectos acumulados del envejecimiento, las modificaciones de diseño, la experiencia operativa propia y ajena, los desarrollos técnicos y formativos, y los aspectos del emplazamiento, y cuyo objetivo es asegurar un nivel de seguridad alto durante toda la vida de operación de la central.

Sistema de seguridad (Safety system)

Sistema importante para la seguridad siempre que asegure la parada segura del reactor, la eliminación del calor residual del núcleo, o que limite las consecuencias de un proceso operacional distinto de la operación normal y de los accidentes base de diseño.

Suceso externo (External event)

Suceso desconectado con la actividad o la operación de la instalación nuclear, cuya ocurrencia podría tener un efecto sobre la seguridad de la instalación o su actividad.

Sumidero final de calor (Ultimate heat sink)

Medio físico (normalmente la atmósfera y/o un volumen adecuado de agua) al que siempre se puede transferir el calor residual, incluso si se han perdido o son insuficientes los otros medios de eliminación del calor residual.

Zona exterior (external zone)

Área que se sitúa inmediatamente alrededor del emplazamiento, en la cual se consideran la distribución y densidad de la población y los usos del suelo y del agua, respecto a sus efectos sobre la posible puesta en práctica de medidas de emergencia.