

CRITERIOS PARA EL DISEÑO DE SISTEMAS DE VIGILANCIA DE LA RADIACION PARA PROCESO Y CONTROL DE EFLUENTES EN C. N. EQUIPADAS CON REACTORES PWR

Antonio HOLGADO

El control, en una Central Nuclear, de la emisión de productos radiactivos al medio ambiente y el cumplimiento de las especificaciones técnicas radiológicas relacionadas con los mismos, así como la necesidad de conocer el estado, desde el punto de vista radiológico, de los diferentes sistemas de aquella con el fin de detectar posibles fallos de funcionamiento y planificar operaciones, imponen la incorporación al diseño de la misma de un Sistema de Vigilancia de la Radiación (SRV), en su doble vertiente de vigilancia de proceso y de efluentes.

En este artículo se presentan un conjunto de criterios básicos útiles en el proceso de definición del alcance y objetivos del SRV, así como unos criterios más específicos sobre la selección del tipo y de la ubicación idónea de los monitores de radiación y demás aparatos de medida que constituyen dicho SRV.

Por último, se presentan unos criterios analíticos para el establecimiento de los puntos de consigna de los diferentes niveles de alarma y/o actuación de los monitores que permiten a éstos cumplir las misiones que les están asignadas.



Antonio HOLGADO COLOMINA es Licenciado en Ciencias Físicas y Diplomado en Ingeniería Nuclear. Pertenece a la plantilla de INITEC, donde ha participado en los proyectos de las Centrales Nucleares de Ascó I y II, Vandellós II, así como en otros proyectos nucleares. Su experiencia profesional abarca los campos de la Seguridad Nuclear y Protección Radiológica, teniendo a su cargo el desarrollo y aplicación de programas de ordenador en el Departamento Nuclear de INITEC.

CLASIFICACION DE LOS MONITORES DE RADIACION

La primera cuestión que se plantea es la clasificación de los monitores de radiación que vigilan los sistemas de fluidos de una Central Nuclear en los dos grandes grupos siguientes:

- Monitores de efluentes.
- Monitores de proceso.

Los monitores de efluentes se definen como aquellos que vigilan un fluido que tiene o puede tener como destino el medio ambiente, no existiendo ningún tipo de tratamiento para el fluido entre el punto en que se halla ubicado el detector y el punto de emisión del mismo al medio ambiente, excepción hecha de la posible mezcla con otros efluentes o caudales.

Los monitores de proceso son todos los demás. Según esto, serán monitores de proceso todos aquellos que vigilan la radiactividad en sistemas de fluidos y que no son de efluentes.

ALCANCE Y OBJETIVOS DEL SRV PARA CONTROL DE EFLUENTES

Este subsistema debe vigilar todos los caminos posibles de emisión, por descargas intermitentes o continuas inherentes a la operación normal de la Central, de fluidos potencialmente radiactivos al medio ambiente.

Los caminos de emisión intermitentes, para los que se requiere permiso de descarga, incluyen entre otros a:

- Descarga de tanques de desintegración de desechos gaseosos.
- Descarga de tanques de vigilancia de desechos líquidos.
- Purga del edificio de contención.

Los caminos de emisión continuos incluyen entre otros a:

- Descarga de los sistemas de ventilación de los diferentes edificios.
- Descargas de las bombas de vacío o eyectores del condensador.
- Descargas de la purga de los generadores de vapor en el caso de centrales PWR.

Las misiones asignadas al sistema de vigilancia de la radiación para control de efluentes se dividen en las dos categorías siguientes:

- Velar por que no se sobrepasen en ningún momento, durante la operación de la central, las condiciones límite de operación establecidas en las Especificaciones. Técnicas Radiológicas de la misma.
- Servir de apoyo al operador de la planta en la gestión de efluentes, permitiéndole al mismo tiempo un seguimiento continuo del cumplimiento de las limitaciones respecto a las dosis anuales recibidas por «el individuo más expuesto».

Las condiciones límite de operación a que se refieren las misiones del primer tipo suelen establecerse en forma de tasas de dosis máximas, en el límite del emplazamiento o en la localización del individuo más expuesto, en el caso de efluentes gaseosos, y en forma de concentraciones máximas en el punto de descarga a algún medio natural acuático, en el caso de los efluentes líquidos.

Estos valores límites se entienden aplicados a los valores instantáneos de las tasas de dosis y/o concentraciones, y en el caso de los efluentes gaseosos se traducen generalmente en unos valores máximos admisibles para la tasa de emisión de productos radiactivos en el correspondiente camino de descarga.

El sistema de vigilancia de la radiación para control de efluentes cumplirá las misiones del primer tipo, advirtiendo al operador cuando se sobrepasen las correspondientes condiciones límite de operación, mediante la activación de las correspondientes alarmas, y en aquellos casos en los que sea factible, actuando automáticamente sobre el sistema originador de la descarga que viole las citadas condiciones límite, con el fin de eliminar la emisión de productos radiactivos o disminuirla a niveles admisibles.

Las misiones del segundo tipo son efectuadas por el sistema de vigilancia de la radiación mediante niveles de alarma, cuyo único objetivo es avisar al operador cuando la velocidad de emisión de productos radiactivos a través de un determinado camino de descarga sea tal que, mantenida a ese nivel durante un año, originase unas dosis anuales, en el límite del emplazamiento, superiores a los valores máximos atribuibles a dicho camino de descarga. Estos valores máximos se obtienen a partir de las limitaciones de dosis totales y de las contribuciones esperadas a la dosis total de los diferentes caminos de descarga.

Para poder cumplir estos objetivos, el SRV estará diseñado para proporcionar los datos necesarios para la evaluación

de la actividad descargada al exterior, por cada camino de efluentes, tanto en valores por unidad de tiempo, instantáneos, como en valores integrados en un intervalo en tiempo determinado. Para cumplir con este requisito deberá existir un monitor de caudal en cada salida de efluentes. Los monitores de radiación deberán proporcionar una indicación continua, proporcional a la actividad en el efluente, y deberán existir totalizadores que combinen las indicaciones de los medidores de caudal y de los monitores y proporcionen valores integrados de la actividad descargada por cada camino.

ALCANCE Y OBJETIVOS DE LOS SISTEMAS DE VIGILANCIA DE LA RADIACION PARA PROCESO

Los criterios a utilizar en la definición de los sistemas de vigilancia de la radiación de proceso no se establecen en función de un impacto radiológico directo sobre el público, como consecuencia de las descargas producidas en la operación normal de la central, sino en función de las consideraciones siguientes:

- Control de la seguridad de los trabajadores de la central.
- Control de la seguridad del público, en el supuesto de un accidente que afecte al sistema en cuestión.
- Control indirecto de efluentes.

El primer tipo de consideraciones se aplica a aquellos sistemas que durante la operación normal de la central tienen un nivel de actividad bajo, teniendo por tanto pocos requisitos de blindaje y protección. La misión del sistema de vigilancia de la radiación de proceso en este caso es advertir al operador en el momento en que, por cualquier anomalía de funcionamiento, el nivel de actividad en el sistema supere los valores que sirvieron de base en el diseño de los blindajes correspondientes al mismo.

El segundo tipo de consideraciones se aplica a aquellos sistemas que pueden dar origen a liberaciones importantes de productos radiactivos en caso de producirse accidentes que afecten a los mismos. En estos sistemas suelen establecerse limitaciones a los valores de las concentraciones de productos radiactivos, con el fin de garantizar que las consecuencias radiológicas previstas de esos accidentes sean inferiores a ciertos límites preestablecidos.

La misión asignada en este caso al sistema de vigilancia de la radiación será la de advertir al operador cuando los niveles de actividad en el sistema o sistemas en cuestión se acerquen a estos valores límite, con el fin de permitir a aquél la iniciación de las acciones pertinentes.

Por último, el tercer tipo de consideraciones se refiere a aquellos sistemas que son cabecera de los distintos sistemas de efluentes, y se aplica particularmente a aquellas situaciones en las que existe una posibilidad de opción entre dos sistemas de tratamiento de distinta eficacia. En este caso la misión del sistema de vigilancia de la radiación consiste en avisar al operador en el momento en que el nivel de actividad en el sistema vigilado alcanza un valor que hace necesario el cambio o diversión de un sistema de efluentes a otro. En el caso en que sea factible, puede encomendarse al monitor la acción automática de diversión, en el momento en el que el nivel de radiación alcance un valor prefijado.

CRITERIOS PARA LA SELECCION DEL TIPO Y UBICACION DE LOS MONITORES Y APARATOS DE MEDIDA ANEJOS

Los principales factores que han de tenerse en cuenta en la selección del tipo y ubicación de los monitores de los sistemas de vigilancia de la radiación, tanto de proceso como de control de efluentes, son:

- Grado de sensibilidad requerido.
- Características físicas del fluido a vigilar.
- Características radiológicas del mismo.
- Características ambientales externas.

El grado de sensibilidad requerido interviene en la elección entre monitores «in-line» y «off-line». Así, los monitores «in-line» ofrecen una sensibilidad más baja, en general, que los monitores de tipo «off-line», debido a la mejor geometría de detección y mayores posibilidades de blindaje de estos últimos. Por otra parte, los monitores «in-line» ofrecen la ventaja de una mayor facilidad de instalación.

Las características físicas del fluido influyen en la selección del tipo de detector que irá provisto el monitor correspondiente. Así, los monitores de gases utilizaron preferentemente detectores sensibles a la radiación beta, debido a la

mayor eficacia de este tipo de detectores frente a los de radiación gamma, y a la escasa autoabsorción de la fuente en este caso.

Los monitores de partículas estarán provistos de detectores sensibles a la radiación beta por las mismas razones que en el caso anterior.

Por el contrario, los monitores encargados de vigilar corrientes líquidas estarán equipados con detectores sensibles a la radiación gamma, debido a que en este caso sólo una ínfima fracción de la radiación beta producida en el volumen de fluido que ve el detector puede alcanzar al mismo.

Las características radiológicas del efluente, tales como los niveles de actividad máximos esperados en el mismo y las proporciones relativas de los diferentes radionucleidos, condicionan la elección de la eficacia requerida para el detector y, en su caso, la introducción de dispositivos discriminadores o atenuadores. El uso de discriminadores se producirá en aquellas circunstancias en las que se desee una selectividad en la medida, mientras que los atenuadores se usarán cuando se desee utilizar el mismo monitor para un rango grande de concentraciones de fluido a vigilar.

De entre las características ambientales externas, la que influye más en la selección del tipo y ubicación de los monitores es el nivel de radiación gamma ambiental esperado en la localización del mismo, el cual, en conjunción con los requerimientos de sensibilidad, determinará los requisitos de espesor y geometría de blindaje del detector.

Además de los criterios particulares derivados de las consideraciones anteriores existen otros criterios de carácter más general, tales como:

- En la utilización de monitores «off-line», y especialmente en el caso en que el fluido a controlar sea gaseoso, se prestará especial atención a que la muestra que pasa por el detector sea representativa. Esto, que es de gran importancia en el caso de medida de la actividad en forma de partículas, suele traducirse en la práctica en la instalación de mecanismos de toma especiales; por ejemplo, toberas isocinéticas automáticas.

- Cuando se utilice una misma derivación «off-line» para medida de los tres tipos de actividad en un efluente gaseoso se colocará, en primer lugar, en el sentido de la corriente, el monitor de partículas; a continuación el monitor de yodo, y, por último, el de gases. Con esta disposición, al actuar los monitores de partículas e yodo como filtros, se evita la

contaminación por partículas radiactivas de los monitores de yodo y de gases.

- Los monitores de partículas o yodo equipados con filtros fijos y para los que se requiera una indicación continua del nivel de actividad en el fluido deberán estar equipados con dispositivos diferenciadores de la indicación del detector, que permitan conocer el ritmo de aumento de la actividad retenida en los filtros, que es la magnitud proporcional a la concentración de productos radiactivos en el fluido.

- Aquellos monitores que controlen un determinado proceso o descarga deberán colocarse siempre corriente arriba de las válvulas sobre las que actúen. La localización del detector se determina en función de la constante de tiempo del sistema de actuación y de la velocidad de la corriente.

CRITERIOS ANALITICOS PARA EL ESTABLECIMIENTO DE LOS NIVELES DE ALARMA DE LOS MONITORES DE EFLUENTES

La implantación práctica de los tipos de misiones que, como se expuso con anterioridad, tienen asignados los monitores de efluentes se efectuará mediante la instalación en los mismos de dos niveles de alarma. El más bajo, que denominaremos de ahora en adelante nivel de «alta radiación», corresponderá a los respectivos puntos de consigna calculados en base a los requerimientos del segundo tipo de misiones, como se expuso anteriormente; mientras que el más alto, llamado «muy alta radiación», corresponderá a los requerimientos del primer tipo de misiones.

Niveles de «alta radiación»

Estos niveles servirán para avisar al operador de la central en el momento en que la velocidad de emisión de productos radiactivos a través de un determinado camino de descarga exceda los valores que, mantenidos durante un año, originase en el límite del emplazamiento dosis superiores a los valores máximos atribuibles a dicho camino de descarga.

El primer paso en el establecimiento de los valores numéricos para los puntos de consigna de las alarmas consiste en la determinación de las dosis máximas anuales permitidas a cada camino de descarga de efluentes. Ello equivale a repartir entre los diferentes puntos de

emisión las dosis máximas anuales permitidas a la central, que se presentan en forma de límites a las dosis producidas por las emisiones totales de gases nobles, de yodos, de partículas o de líquidos radiactivos.

Este reparto se efectúa a partir de una hipótesis sobre las contribuciones relativas de cada uno de los puntos de emisión en las dosis anuales totales producidas en la operación normal de la central. En el caso del establecimiento por primera vez de los niveles de alarma, no disponiéndose, por tanto, de experiencia operativa en la central, estas contribuciones relativas se estiman a partir de los espectros isotópicos típicos esperados en los diferentes efluentes, de sus concentraciones y caudales estimados, utilizándose estos valores como entrada a modelos de cálculo del impacto radiológico de los mismos. Por el contrario, en el caso de una central con experiencia operativa, serán los espectros isotópicos, concentraciones y caudales previstos con base en dicha experiencia los que se utilicen como entrada a los modelos de cálculo.

Se obtienen así unos valores F_k^i que representan la fracción que en la dosis se puede atribuir al camino de los efluentes i . Si el límite para la dosis k es L_k , los límites parciales l_k^i asignados a cada camino de efluentes vendrán dados por

$$l_k^i = L_k \times F_k^i$$

El paso siguiente consiste en pasar de las dosis anuales límite l_k^i a valores límite de las concentraciones para los diferentes efluentes. Esto se efectúa a partir del espectro isotópico postulado para el fluido y del modo de cálculo utilizado para la evaluación del impacto radiológico, utilizando, en el caso de emisiones continuas y aproximadamente constantes, valores medios para aquellos parámetros, tales como factores de dilución o caudales de emisión, que intervengan en el modelo. En el caso de emisiones discontinuas, se utilizarán, en cambio, valores estimados para tiempos cortos de estas variables, y se tendrá en cuenta en la utilización del modelo de cálculo la duración estimada de las descargas y su frecuencia anual.

Por último, el paso de estas concentraciones límite a cuentas por minuto, que es la respuesta del monitor, se efectúa a partir de los datos de eficacia del mismo para los diferentes nucleidos que aparecen en el efluente.

Los niveles de consigna así obtenidos son válidos únicamente para los espectros isotópicos con los que fueron calculados. Siempre que se produzca una variación significativa en los mismos deberán, pues, recalcularse los puntos de consigna utilizando los nuevos espectros isotópicos como punto de partida.

Por otra parte, si las contribuciones relativas de los diferentes caminos de emisión difieren de las utilizadas como base para el cálculo de los puntos de consigna, pero siguen siendo aproximadamente iguales los espectros isotópicos, este sistema de limitación sigue garantizando que, si durante la operación no actúa ninguna de las alarmas de «alto nivel de radiación» de los diferentes monitores de efluentes, no se sobrepasarán los límites anuales de dosis, aunque en este caso se estará produciendo una gestión poco eficaz de los desechos. El operador puede en este caso recalcular los puntos de consigna, en base a las nuevas contribuciones relativas, para conseguir una optimización de la gestión de efluentes.

Niveles de «muy alta radiación»

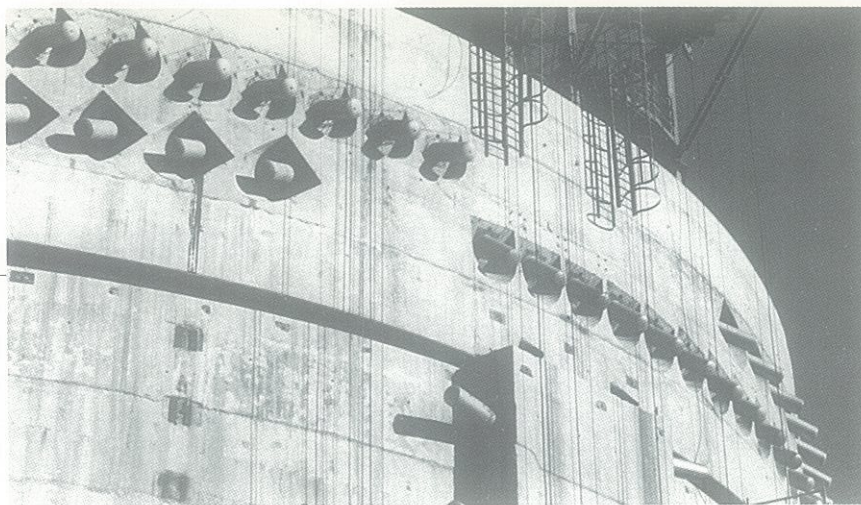
La misión de estos niveles de alarma es avisar al operador en el momento en que las tasas de emisión de productos radiactivos al medio ambiente o las concentraciones en el efluente vertido excedan los valores máximos correspondientes a las condiciones límite de operación establecidas en las Especificaciones Técnicas Radiológicas de la Central.

Estas condiciones límite de operación vienen expuestas normalmente en forma de tasas de dosis máximas en el límite del emplazamiento o en la localización del individuo más expuesto, para el caso de efluentes gaseosos, y en forma de limitación a la suma sobre todos los nucleidos de fracciones de las concentraciones máximas permisibles (MPC), para el caso de efluentes líquidos.

Haremos ahora consideraciones diferentes para emisiones continuas y discontinuas.

EMISIONES CONTINUAS

Se parte de la hipótesis básica de que en condiciones normales de operación es prácticamente imposible que se alcancen, en cualquiera de las líneas de efluentes de emisión continua, valores de las tasas de emisión o concentraciones del orden de las correspondientes a los niveles de «muy alta radiación». Solamente por anomalías de funcionamiento o accidente podrán alcanzarse



tales niveles, pero aun en este caso se considera muy improbable que ello ocurra a la vez en más de un camino de descarga de entre los de efluentes gaseosos o de entre los de efluentes líquidos.

Basándose en esta hipótesis se establecerán los puntos de consigna de las alarmas de «muy alta radiación», para cada camino de efluentes, en los valores de las concentraciones de productos radiactivos en el mismo que, combinados con los valores medios anuales del caudal vertido y de los factores de dilución, resultan en tasas de dosis en el límite del emplazamiento o concentraciones a la entrada en un medio natural acuático iguales a los valores establecidos en las condiciones límite de operación. Como en el caso de los niveles de «alta radiación», se requiere, para efectuar el paso de dosis a concentraciones, el conocimiento del espectro isotópico del efluente y la aplicación de un método de cálculo realista.

EMISION DISCONTINUA

Al contrario que con las emisiones continuas, es posible que las emisiones de tipo discontinuo, con una duración corta, puedan acercarse en sus efectos a los valores establecidos en las condiciones límite de operación, sin que ello implique necesariamente una anomalía de funcionamiento. No obstante, al igual que en el caso de emisiones continuas, establecemos la hipótesis de que es muy improbable que ocurra simultáneamente que más de un camino de descarga, de entre los de gases o de entre los de líquidos, alcance valores a esos límites.

Basándose en esta hipótesis, se adopta para este tipo de emisiones el mismo criterio que para las de tipo continuo, con la variación de sustituir los valores medios anuales utilizados allí por factores de dilución por valores representativos para intervalos cortos de tiempo.

En ambos casos, el paso de concentraciones límite en el efluente a respuesta del monitor en cpm se efectúa a

partir de los valores de la eficacia del monitor correspondiente para los diferentes nucleidos.

CRITERIOS ANALITICOS PARA EL ESTABLECIMIENTO DE LOS NIVELES DE ALARMA DE LOS MONITORES DE PROCESO

El primer paso consiste en el establecimiento del espectro isotópico de los fluidos que vigilan los correspondientes monitores. Estos espectros expresan las proporciones relativas de la actividad de los radionucleidos más significativos en la actividad total del fluido. En el caso de una central que todavía no ha operado, dicho espectro isotópico se deducirá a partir de cálculos previos estimativos, mientras que en el caso de una central en operación se obtendrán de los resultados de los análisis de muestras.

El segundo paso consiste en el establecimiento de las concentraciones límite correspondientes a los niveles de alarma que se definan para el monitor. Dichas concentraciones deberán responder al espectro isotópico postulado, y su cálculo variará según el tipo de consideraciones que se apliquen para la definición del correspondiente nivel de alarma. Así, por ejemplo, si el criterio elegido en un sistema cuyos componentes carecen de blindaje es precisamente el avisar cuando la tasa de dosis en el exterior de los mismos supera determinado nivel, las concentraciones límite correspondientes al nivel de alarma serán aquellas que produzcan en exterior de alguno de los componentes del sistema dicha tasa de dosis límite.

Por último, el paso de concentraciones límite a respuesta del monitor en cpm se efectúa a partir de los vapores de las eficacias del monitor para los diferentes radionucleidos.

Estas tablas se deducen de las curvas de respuesta del monitor en función de la energía y de los esquemas de desintegración de aquéllos.