

CSN CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR

GUIA DE SEGURIDAD

nº 4.1

Diseño y desarrollo del Programa de Vigilancia Radiológica Ambiental para centrales nucleares

Madrid, junio de 1993

Indice

1. INTRODUCCION.

- 1.1 Objeto.
- 1.2 Ambito de aplicación.

2. FASES Y DISEÑO DEL PROGRAMA DE VIGILANCIA RADIOLOGICA AMBIENTAL (P.V.R.A.).

2.1 Fases.

- 2.1.1 Fase preoperacional.
- 2.1.2 Fase operacional.
- 2.1.3 Fase de desmantelamiento y clausura.
- 2.1.4 Fase de postclausura.

2.2 Diseño.

- 2.2.1 Bases.
- 2.2.2 Etapas.

3. DESARROLLO DEL PROGRAMA DE VIGILANCIA RADIOLOGICA AMBIENTAL.

- 3.1 Toma de muestras.
- 3.2 Identificación, conservación y transporte de las muestras.
- 3.3 Métodos analíticos.
- 3.4 Presentación de resultados.
- 3.5 Garantía de calidad.

DEFINICIONES

REFERENCIAS

BIBLIOGRAFIA

APENDICE I.- Modelo de P.V.R.A.

APENDICE II.- Valores recomendados para el Límite Inferior de Detección.

Edita: CSN
Justo Dorado 11.28040 Madrid
ISBN: 84-87.275-56-7
Realización: CTE
Puerto Príncipe, 35, 5.ª. Tel.: 408 00 36*. 08027 Barcelona
Dep. Legal: B-30.951-1993

Prólogo

Con la publicación por la Junta de Energía Nuclear (JEN) de las Guías 3 y 9 "Guía para el establecimiento de un Programa de Vigilancia Radiológica Ambiental en las zonas de influencia de las centrales nucleares" y "Programa de Vigilancia Radiológica Ambiental para centrales nucleares de potencia", en 1976 y 1978, respectivamente, se dieron una serie de normas y recomendaciones, con carácter no vinculante, que tenían como fin orientar y facilitar a los explotadores de instalaciones nucleares el diseño y desarrollo de un Programa de Vigilancia Radiológica Ambiental en la zona de influencia de las mismas.

Posteriormente la Ley 15/1 980 de 22 de abril, por la que se crea el Consejo de Seguridad Nuclear (CSN), asigna a este Organismo como una de las funciones de su competencia, el "Controlar y vigilar los niveles de radiación en el interior y exterior de las instalaciones nucleares y radiactivas y su posible incidencia particular o acumulativa en las zonas en que se enclavan".

Por otra parte, el Reglamento de Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes de 24 de enero de 1992, establece que el solicitante de una autorización administrativa para el ejercicio de actividades nucleares, debe aportar los estudios adecuados conducentes a determinar el riesgo de exposición a que pudiera estar sometida la población como consecuencia de tales actividades. Asimismo, establece que en la autorización administrativa correspondiente se indicará si debe disponerse de un sistema específico de vigilancia para controlar, durante el ejercicio de la actividad, las dosis que pudieran ser recibidas por el público.

Todos estos extremos, junto a la experiencia obtenida en la aplicación de las Guías antes mencionadas, así como la incorporación de España a las Comunidades Europeas, hacen aconsejable la revisión y actualización de los criterios establecidos en las mismas. Todos estos aspectos cristalizan en la publicación del presente documento.

Madrid, junio de 1993

1. Introducción

1.1 Objeto

Esta guía tiene por objeto recomendar las bases para el diseño y desarrollo del Programa de Vigilancia Radiológica Ambiental para Centrales Nucleares.

1.2 Ambito de aplicación

Las recomendaciones contenidas en esta guía son aplicables al diseño y desarrollo del Programa de Vigilancia Radiológica Ambiental (P.V.R.A.) de las centrales nucleares, en situación normal.

2. Fases y diseño del Programa de Vigilancia Radiológica Ambiental (P.V.R.A)

El Programa de Vigilancia Radiológica Ambiental (P.V.R.A.) es el conjunto formado por la red de vigilancia y los procedimientos de muestreo, análisis y medida, encaminado a determinar el posible incremento de los niveles de radiación y la presencia de radionucleidos en el medio ambiente producidos por el funcionamiento de las centrales nucleares, con objeto de evaluar el impacto radiológico derivado del funcionamiento de la instalación.

2.1 Fases

Dentro de un Programa de Vigilancia Radiológica Ambiental, se pueden distinguir las siguientes fases temporales y complementarias:

- Fase preoperacional
- Fase operacional
- Fase de desmantelamiento y clausura
- Fase de postclausura

2.1.1 Fase preoperacional

Se considera fase preoperacional, el P.V.R.A. que se desarrolla en la zona de vigilancia del entorno de una central hasta el momento en que el reactor alcanza su primera criticidad y comienza la emisión de efluentes radiactivos al medio ambiente.

Los objetivos de la misma son:

- i) Como objetivo primario, el establecimiento del nivel de referencia o fondo radiológico de la zona vigilada.
- ii) Como objetivos secundarios, la puesta a punto de procedimientos de muestreo y análisis y de los equipos e instrumental necesario, así como el entrenamiento del personal que actúe en su ejecución.

2.1.2 Fase operacional

La fase operacional del P.V.R.A. comienza en el momento en que la central alcanza su primera criticidad y se desarrolla a lo largo de su operación normal.

Los objetivos de la misma son:

- i) Detectar los posibles incrementos de actividad sobre el fondo radiológico establecido en el P.V.R.A. preoperacional en las distintas vías de exposición vigiladas.
- ii) Estudiar si la posible actividad adicional introducida en el medio ambiente es consecuencia del funcionamiento de la central para, en su caso, aplicar las especificaciones técnicas de funcionamiento propias de cada instalación.

iii) Estimar las dosis equivalentes que hayan podido recibir los individuos de la población y demostrar el cumplimiento de la reglamentación general y específica de cada central.

iv) Mantener una base de datos que permita informar adecuadamente al público.

2.1.3 Fase de desmantelamiento y clausura

Esta fase del P.V.R.A. se desarrolla a partir de la finalización de la vida útil de la central, durante el período de desmantelamiento y clausura de la misma.

Los objetivos de esta fase son similares a los de la fase anterior.

2.1.4 Fase de postclausura

La fase de postclausura del P.V.R.A. se inicia una vez finalizadas las operaciones de desmantelamiento y clausura de la central.

El objetivo de la misma es estudiar la evolución de los niveles de radiación existentes en el medio ambiente después de la clausura de la central.

2.2 Diseño

2.2.1 Bases

El Estudio Analítico Radiológico (E.A.R.) es la base para el diseño del Programa de Vigilancia Radiológica Ambiental.

El E.A.R. es uno de los documentos reglamentariamente exigidos en el proceso de licenciamiento de las centrales nucleares y tiene como doble objeto justificar que la central no presenta un riesgo indebido para la población durante su funcionamiento normal y aportar información básica para utilizar en el diseño del P.V.R.A.

El E.A.R. consiste en un conjunto de estudios realizados con parámetros de la central y de la zona donde se ubica ésta (o en su defecto con hipótesis conservadoras), y la aplicación de modelos físico-matemáticos encaminados a estimar teóricamente el impacto radiológico potencial de la central sobre la población y el medio ambiente.

Para poder llevar a cabo la estimación del impacto radiológico de la central se tendrán en cuenta las siguientes recomendaciones:

- i) Las emisiones de radionucleidos al exterior vendrán definidas, de acuerdo con el proyecto de la instalación y sus sistemas de tratamiento de residuos radiactivos. Se determinarán, bien mediante la experiencia obtenida del funcionamiento de otras centrales nucleares o bien mediante códigos de cálculo reconocidos por las autoridades competentes de países con programas nucleares.

- ii) Los parámetros de transporte y difusión de los efluentes radiactivos en los diferentes medios deben estar de acuerdo con las características propias de la zona donde se ubique la instalación. En caso de no ser esto posible, se elegirán aquellos valores que bien por experiencia o por la bibliografía existente resultasen aceptables.
- iii) Los factores de transferencia de los distintos radionucleidos, a través de las vías de exposición consideradas, sería aconsejable que estuviesen de acuerdo con las características propias de la zona. En caso de no ser esto posible, se elegirán aquellos valores que bien por la experiencia o por la bibliografía existente resultasen aceptables.
- iv) Los valores derivados de la utilización de la tierra y el agua deben estar de acuerdo con las características propias de la zona y costumbres de la población. En caso de no ser esto posible, se elegirán aquellos valores que bien por la experiencia o por la bibliografía existente resultasen aceptables.
- v) Los modelos numéricos utilizados en la estimación de la dosis equivalente a la población pueden ser elegidos por el explotador siempre que las hipótesis que en ellos utilice no sean contrarias a las recomendaciones de la Comisión Internacional de Protección Radiológica para este tipo de cálculos.

El E.A.R., de cara al establecimiento de un P.V.R.A. ha de permitir:

- La estimación de la dosis equivalente que potencialmente recibirían los individuos de los diferentes grupos de población debida a los efluentes líquidos y gaseosos que la instalación emita al medio.
- La identificación de los grupos de población críticos.
- La identificación de las vías críticas de exposición a los radionucleidos procedentes de la central.
- La identificación de los radionucleidos críticos y de todos aquellos radionucleidos que puedan tener una contribución significativa a la dosis estimada.

2.2.2 Etapas

En el diseño de un Programa de Vigilancia Radiológica Ambiental se pueden considerar las siguientes etapas:

- i) Establecimiento de poblaciones, grupos de edad, vías de exposición y radionucleidos potencialmente críticos, identificados a través del Estudio Analítico Radiológico.

- ii) Identificación de los puntos de muestreo que van a formar parte de la red de vigilancia, de modo que representen adecuadamente las diferentes vías consideradas.
- iii) Establecimiento de los tipos de muestras en las diferentes vías de exposición, las frecuencias de los muestreos y el instrumental necesario para la realización de los mismos.
- iv) Establecimiento de las determinaciones analíticas a realizar en las muestras recogidas, así como su frecuencia.
- v) Establecimiento de la metodología a seguir en las técnicas de muestreo, de análisis, de detección y en el tratamiento de los resultados obtenidos, mediante los procedimientos adecuados.
- vi) Establecimiento de un Programa de Garantía de Calidad sobre las diversas fases del P.V.R.A.

En el Apéndice I se recomienda un modelo de P.V.R.A. para la zona de vigilancia del entorno de la central que representa un programa mínimo aceptable para la fase operacional.

En determinados casos puede decidirse no muestrear rutinariamente alguna de las vías de exposición consideradas en el Apéndice I, pero siempre deben ser objeto de vigilancia los medios primarios de recepción de los efluentes radiactivos (líquidos y gaseosos) a través del muestreo y análisis del aire, aguas superficiales y radiación directa.

El P.V.R.A. preoperacional debe comenzar con suficiente antelación (mínimo de dos años) a la puesta en marcha de la central y adaptar convenientemente la frecuencia de muestreo con objeto de obtener unos valores fiables de concentraciones de actividad y radiación directa.

El P.V.R.A. operacional inicialmente establecido tendrá una duración mínima de tres años. Después de este período puede ser revisado en base a la experiencia obtenida con objeto de conseguir una optimización del mismo, desde el punto de vista tanto económico como operativo. Además debe ser revisado cuando se alteren determinadas características de la zona tales como utilización del agua, de la tierra, demografía, etc.

En la fase de desmantelamiento puede ser necesario intensificar el P.V.R.A. operacional o establecer un programa diferente dependiendo de las características del procedimiento de clausura utilizado en cada caso.

La duración y extensión del P.V.R.A. de la fase de postclausura se ajustará a las características especiales de cada situación.

3. Desarrollo del Programa de Vigilancia Radiológica Ambiental

3.1 Toma de muestras

En este apartado se presentan unas líneas generales de actuación en la selección y aplicación de métodos de muestreo en los diferentes compartimentos del medio ambiente,

Los métodos de muestreo deben de ser tales que garanticen la obtención de muestras representativas del medio considerado.

La descripción de sistemas de muestreo para utilizar en un Plan de Vigilancia Radiológica Ambiental se puede encontrar en la referencia (1).

3.1.1 Aire

En el aire se requiere la vigilancia de partículas, radioyodos y, ocasionalmente, tritio y carbono catorce.

a) Partículas y radioyodos

Las muestras de partículas y radioyodos, se recogen utilizando un mismo equipo; en éste el aire se hace pasar primeramente por un filtro donde se retienen las partículas y posteriormente a través de un filtro selectivo colocado en serie con el anterior, donde se retiene el yodo.

En muestreos rutinarios de partículas y radioyodos se recomienda un caudal mínimo aproximado de 20-30 litros/minuto que proporciona un volumen de aire adecuado para un período de muestreo de una semana.

Entre los diversos tipos de filtros utilizados para el muestro de partículas se encuentran los siguientes: filtros de celulosa, de fibra de vidrio y de membrana (2) (3) (4) Y (5).

b) Tritio

En el ambiente atmosférico, el tritio se encuentra principalmente en dos formas: como vapor de agua (HTO) y como gas (HT) predominando la primera en un 95 %.

La utilización del gel de sílice como agente absorbente del tritio en forma de vapor de agua, es una técnica frecuentemente utilizada para las determinaciones ambientales de este isótopo en aire. El tritio absorbido en el gel de sílice se extrae de él por calentamiento y su actividad se mide mediante técnicas de centelleo líquido (6) y (7).

c) Carbono 14

Para la recolección de C-14 ambiental como CO₂, se viene utilizando actualmente un método de precipitación mediante el cual, haciendo pasar el CO₂ a

través de una disolución de un álcali se forma un precipitado de carbonato y a través de una síntesis posterior de benceno, se determina su actividad mediante centelleo líquido (8).

La ubicación de los sistemas de muestreo en el entorno de la instalación debe cumplir una serie de requisitos:

- Evitar que estén apantallados por edificaciones próximas u obstáculos naturales.
- Evitar ubicarlos en lugares donde se produzcan emisiones excesivas de polvo que podrían dar lugar a deficiencias en el funcionamiento de los sistemas.
- Evitar situarlos en lugares donde se produzcan emisiones de productos químicos al ambiente.

La altura preferente de ubicación de los sistemas de muestreo será de 1,5 m sobre el nivel del suelo, debiendo estar dichos equipos protegidos de las condiciones meteorológicas adversas sin interferir en el proceso de captación y situados de forma que se impida el acceso a los mismos de personal no autorizado.

3.1.2 Radiación directa

En los Programas de Vigilancia Radiológica Ambiental, habitualmente, la vigilancia de los niveles de radiación ambiental se realiza mediante la utilización de dosímetros de termoluminiscencia. Entre los materiales termoluminiscientes más utilizados en dosimetría ambiental pueden señalarse los siguientes: CaF₂, CaSO₄ y LiF con impurezas de diferentes sustancias que mejoran su sensibilidad y respuesta.

La ubicación de los dosímetros en el entorno de la instalación debe cumplir una serie de condiciones (9):

- Deberán situarse en áreas abiertas y no blindadas por estructuras adyacentes.
- El lugar de ubicación deberá ser representativo del entorno.
- Se procurará colocarlos en vallas de alambre, árboles o postes de la luz.
- La altura preferente de ubicación de los dosímetros será de 1±0,3 m sobre el suelo.

Otros requisitos que deben cumplir los dosímetros termoluminiscentes utilizados para la vigilancia radiológica ambiental vienen especificados también en la anterior referencia (9).

Los dosímetros han de leerse tan pronto como sea posible después de su retirada del punto de exposición y deberán adoptarse las precauciones necesarias para garantizar que se minimicen el fenómeno de "fading", en su caso, y la irradiación accidental durante el transporte, que en todo caso se

cuantificará por medio de la utilización de dosímetros testigo.

3.1.3 Agua de lluvia

Para la realización de este tipo de muestreo se recomienda la utilización de los denominados colectores de superficie (10) conectados a un recipiente de capacidad adecuada, que se cambiará el número de veces necesario para recoger toda el agua caída durante el período de tiempo considerado.

3.1.4 Suelos

Existen diferentes métodos de muestreo de suelos que se adaptan a las distintas características de los mismos (11).

Para la recogida de este tipo de muestra se recomienda considerar un área extensa abierta y no cultivada, y elegir preferentemente lugares con vegetación ya que ésta actúa favoreciendo la retención de los elementos en la superficie. No obstante, debe evitarse la vegetación alta ya que impide la deposición en el terreno. Se tendrán en cuenta, adicionalmente, las características edafológicas de la zona.

No se deberá sobrepasar una profundidad mayor de 5 cm para evitar la dilución excesiva de los radionucleidos.

El muestreo deberá realizarse de forma que el peso del material recogido pueda ser relacionado directamente con el área muestreada (10).

3.1.5 Alimentos

Las muestras de alimentos se consideran de gran interés en la vigilancia radiológica ambiental, ya que son la base de partida más directa para estimar las dosis que potencialmente recibirían los individuos debido a la exposición interna a la radiación proveniente de los radionucleidos incorporados a través de la ingestión.

Los tipos de muestras de alimentos que se consideran en el programa de vigilancia serán representativos de la dieta de la población de la zona vigilada, debiéndose incluir en los muestreos los vegetales y productos de origen animal. Es necesario, igualmente, conocer la procedencia exacta de los mismos.

Si el emplazamiento es costero, deberán tomarse muestras de pescado e invertebrados representativos de la dieta de la población.

Aún no siendo un emplazamiento costero, si en la zona existe aprovechamiento pesquero (piscifactorías, cotos de pesca, etc.), deberá considerarse el muestreo de las especies más representativas de la dieta.

Si la zona donde está ubicada la central es zona de caza y su carne es un componente de la dieta de los individuos de la población, en el P.V.R.A. se considerará el muestreo de dicha carne; asimismo, si la

zona es una zona apícola, se deberá incorporar el muestreo de miel.

3.1.6 Muestreo de agua subterránea, superficial y potable

El Programa de Vigilancia Radiológica Ambiental que se establezca en el entorno de una central nuclear deberá incluir el muestreo de las aguas superficiales y subterráneas sobre todo si dichas aguas se utilizan para abastecer a la población, con lo cual aparte de su origen superficial o subterráneo, pasarían a recibir la clasificación de potable después del tratamiento adecuado.

En todos estos casos debe realizarse una captación que pueda considerarse representativa de la vena de fluido o del depósito según el caso.

En aguas superficiales el sistema de muestreo recomendado es el muestreo proporcional continuo.

En el caso de muestras puntuales, éstas deben recogerse en una zona representativa y no alterada por el efecto de orilla.

En agua potable las muestras se podrán tomar de los depósitos de almacenamiento o en los puntos de distribución, en cuyo caso deberá dejarse correr el agua unos minutos antes de su muestreo.

El recipiente utilizado, preferentemente de polietileno, debe ser enjuagado dos o tres veces con el agua objeto de muestreo antes de la recogida de la misma.

Para información más detallada pueden consultarse las referencias (12), (13), (14) y (15).

3.1.7 Sedimentos y arena de playa

El muestreo de material sedimentario, puede dar una indicación de la acumulación en dicho medio de radionucleidos.

Las muestras de sedimentos superficiales del lecho de un río, lago o mar se recogen en las zonas de máxima sedimentación prevista, generalmente mediante palas pequeñas o dragas, dependiendo de la accesibilidad y profundidad de la zona a muestrear (12).

Si el emplazamiento es costero, deberá considerarse dentro del Programa de Vigilancia Radiológica Ambiental el muestreo de arena de las playas existentes en el entorno, especialmente si dichas playas son utilizadas por la población.

Aún no siendo un emplazamiento costero, si en la zona existe utilización de las orillas de los ríos o lagos para actividades recreativas se deberán tomar análogamente muestras de terreno de dichas orillas.

Para el muestreo de playas y orillas se seguirá una metodología análoga a la expuesta para el muestreo de suelos.

3.1.8 Organismos indicadores

Se denominan organismos indicadores aquellos que tienen la capacidad de incorporar ciertos elementos químicos que se encuentran en el medio.

Esta capacidad de concentración es importante ya que, mediante el muestreo de estos organismos, puede deducirse la existencia de radionucleidos en el ecosistema.

Dentro del muestreo de los organismos indicadores de un medio deberán considerarse diferentes componentes de la cadena trófica representativos de la flora y fauna del ecosistema.

3.2 Identificación, conservación y transporte de las muestras.

La muestra recogida debe ser convenientemente identificada con objeto de estar controlada desde el muestreo hasta la obtención del resultado, así como en su posterior almacenamiento.

Esta identificación será realizada mediante un etiquetado que acompañará a la muestra en el que se anotarán aspectos tales como: fecha de muestreo, código, cantidad recogida, etc. y cualquier otro aspecto que se considere de interés y que pueda ser de importancia a la hora de interpretar los resultados.

Hay que considerar que las muestras perecederas deben ser conservadas en condiciones óptimas hasta su llegada al laboratorio. Esta conservación se realizará bien por métodos físicos (congelación o refrigeración) o químicos. Una condición que deben cumplir los agentes conservantes químicos es que no interfieran en el análisis radioquímico que se va a realizar (13).

3.3 Métodos analíticos

Dentro de la vigilancia radiológica ambiental que se lleva a cabo en el entorno de las centrales, las determinaciones analíticas a realizar de acuerdo a lo expuesto en la presente guía, son entre otras, las siguientes:

- Determinación del índice de actividad beta total.
- Determinación del índice de actividad beta resto (agua).
- Determinación de concentración de actividad de isótopos emisores gamma.
- Determinación de concentración de actividad de Sr-90.
- Determinación específica de concentración de actividad de I-131.
- Determinación de concentración de actividad de H-3.

En las referencias bibliográficas, (5), (6), (10), (12) y de la (16) a la (28), se presentan una serie de méto-

dos para efectuar las determinaciones analíticas mencionadas.

Asimismo se realiza la determinación de dosis ambiental (9).

3.4 Presentación de resultados

En general existen varios sistemas de expresión de resultados analíticos (16) y (29), cualquiera de ellos será válido siempre que cumpla con las siguientes condiciones:

- i) Presentar el valor de la medida así como el error asociado a la misma.
- ii) Tanto si el valor de la medida es inferior o no al correspondiente Límite Inferior de Detección (LID) (16) y (30) se indicará el valor del mismo. En el Apéndice II se presentan los valores recomendados para los LID.
- iii) Los valores de las medidas se expresarán en las unidades del Sistema Internacional (31) y en otras que por su importancia práctica se consideren adecuadas.

aire: Bq/m³

agua de lluvia: Bq/m² y Bq/l ó Bq/m³

agua superficial, subterránea y potable: Bq/l ó Bq/m³

leche: Bq/l ó Bq/m³

alimentos sólidos: Bq/kg masa húmeda

suelos y zonas de playa: Bq/m² y Bq/kg masa seca

sedimentos: Bq/kg masa seca

organismos indicadores: Bq/kg masa húmeda

niveles de radiación ambiental: mSv/t (período de exposición) y/o mSv/a

Cada resultado deberá ir acompañado de la siguiente información:

- Identificación del tipo de muestra.
- Identificación del lugar de muestreo.
- Fecha de toma de muestra. En el caso de muestra compuesta deben constar las fechas en las que se llevó a cabo la recogida de la primera y última de las muestras parciales, así como el número de estas que la componen.
- Fecha de medida.

3.5 Garantía de calidad

Todas las fases de la vigilancia radiológica ambiental deben estar sometidas a un programa de garantía

de calidad para conseguir una confianza adecuada en los resultados obtenidos.

Con objeto de que todas las actuaciones dentro del Programa de Vigilancia Radiológica Ambiental se realicen de forma sistemática y planificada, deben existir una serie de procedimientos escritos que abarquen las diferentes fases del programa:

- Procedimientos de muestreo, conservación, envío y almacenamiento de muestras.
- Procedimientos analíticos.
- Procedimientos de medida de actividad.
- Procedimientos de medida de niveles de radiación ambiental,
- Procedimientos de cálculo y expresión de resultados (16) y (31).

Adicionalmente, un porcentaje (5-15%) del número de muestras que se consideran dentro del P.V.R.A. debe ser objeto de un control de calidad analítico siendo analizadas por un laboratorio diferente al que ordinariamente realiza los análisis (10) y (32).

Definiciones

Las definiciones de los términos y conceptos contenidos en la presente guía, se corresponden con los contenidos en los siguientes documentos legales.

- Ley 25/1964, de 29 de abril, sobre Energía Nuclear (B.O.E. nº 107, del 4-5-64, artículo segundo).
- Ley 151 980, de 22 de abril, de creación del Consejo de Seguridad Nuclear (B.O.E. nº 1 00, del 25-4-80).
- Decreto 2869/1972 del Ministerio de Industria, de 21 de julio, por el que se aprueba el Reglamento sobre Instalaciones Nucleares y Radiactivas (B.O.E. nº 255, del 24-I O-72).
- Real Decreto 53/1992, de 24 de enero, por el que se aprueba el Reglamento sobre Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes (B.O.E. nº 37, del 12-2-92).

Además, en la guía se utilizan otros términos que, dentro del contexto de la misma, se entienden como sigue:

Fading: Desvanecimiento de la señal suministrada por el elemento sensible a la radiación, en función, principalmente, de la temperatura y del tiempo transcurrido entre su utilización y su lectura.

Fondo radiológico: Conjunto de radiaciones ionizantes que provienen de fuentes naturales y artificiales existentes en la zona de vigilancia antes del funcionamiento de la instalación.

Grupo crítico: Conjunto de individuos de una población que por su ubicación, edad, dieta y aspectos de comportamiento recibiría la dosis equivalente más elevada.

Impacto radiológico: El incremento del componente artificial del fondo radiológico que se produciría en las diferentes vías de exposición como consecuencia del funcionamiento de la instalación.

Índice de actividad beta resto: Índice de actividad beta total descontando la contribución del K-40.

Límite inferior de detección (LiD): Concentración mínima de material radiactivo en una muestra que producirá un número de cuentas neto (por encima del fondo del sistema) detectado con una probabilidad del 95%.

Medios primarios de recepción: Parte del ecosistema donde se produce la dilución y el transporte inicial de los radionucleidos emitidos por la instalación.

Muestra: Porción de un volumen gaseoso, líquido o sólido separado para su análisis.

Muestra compuesta: Muestra formada por varias muestras o porciones de muestras simples de la

misma naturaleza y correspondientes a distintos periodos de muestreo en el mismo punto.

Muestra inorgánica: Muestra procedente del componente abiótico del ecosistema.

Muestra orgánica: Muestra procedente del componente biótico del ecosistema.

Muestra perecedera: Muestra que sin una conservación adecuada podría perder sus características iniciales dificultando la realización de los análisis pertinentes.

Muestra representativa: Muestra que refleja fielmente las características del medio de donde ha sido separada.

Muestra simple: Muestra única recogida en un periodo de tiempo preestablecido.

Muestreo proporcional/ continuo: Toma de muestra que se realiza mediante un sistema de captación que recoge una porción de un caudal bien de forma continua o en periodos de tiempo preestablecidos.

Población crítica: Núcleo habitado existente en la zona de vigilancia cuyos individuos recibirían los valores más elevados de dosis equivalente.

Puntos de muestreo: Lugares situados en la zona de vigilancia donde se recogen las muestras o se miden los niveles de radiación ambiental.

Radionucleido crítico: Aquel que contribuye en mayor medida al valor de la dosis equivalente que recibiría el grupo crítico.

Red de vigilancia: Conjunto de puntos de muestreo y equipos necesarios para la realización de la vigilancia radiológica ambiental.

Vía de exposición: Medio a través del cual los diferentes radionucleidos pueden llegar a las personas.

Vía de exposición crítica: Aquella que contribuye en mayor proporción a los valores de la dosis equivalente que recibiría el grupo crítico.

Zona de vigilancia: Área en el entorno de la instalación donde se lleva a cabo el Programa de Vigilancia Radiológica Ambiental.

Referencias

- (1) Instrumentation for Environmental Monitoring. LBL-1, Volumes 1-4, University of California, Lawrence Berkeley Laboratory, Berkeley, (1975).
- (2) Guide to Sampling Airborne Radioactive Materials in Nuclear Facilities. ANSI N.13.1, (1969) (R. 1982).
- (3) General Principles for Sampling Airborne Radioactive Materials. International Standard 180-2889, 1975.
- (4) Measuring Particulate Matter in Air. Instrumentation for Monitoring Air Quality. ASTM. STP 555, American Society for Testing and Materials (1974).
- (5) Intersociety Committee on Methods of Air Sampling and Analysis. Methods of Air Sampling and Analysis. American Public Health Association. (1977).
- (6) Tritium Measurement Techniques. NCRP. Report nº 47. National Council on Radiation Protection and Measurement (1976). Reimpresión Diciembre 1982.
- (7) Gómez V., Métodos desarrollados para el estudio analítico del tritio en el medio ambiente, QA.2700/1-4, (1978).
- (8) García Sanz, M^a del R. Procedimiento para la determinación del carbono-14 ($^{14}\text{CO}_2$) en muestras gaseosas ambientales. CIEMAT.
- (9) Performance, Testing and Procedural Specifications for Thermoluminescence Dosimetry. Environmental Applications ANSI N 545-I 975. American National Standards Institute. New York. (R. 1982).
- (10) Measurement of Radionuclides in Food and the Environment. Technical Reports Series nº 295. International Atomic Energy Agency. Viena (1989).
- (11) Measurements of Radionuclides in the Environment-Sampling and Analysis of Plutonium in Soil. Regulatory Guide 4.5. Nuclear Regulatory Commission (U.S.N.R.C.) (1974).
- (12) Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. American Public Health Association. Washington D.C. 18th edition (1992).
- (13) Handbook for Sampling and Sample Preservation of Water and Wastewater. U.S. Environmental Protection Agency. EPA-600/4-82-029 (1982).
- (14) Annual Book of ASTM Standards, Part 11-Water. American Society for Testing and Materials, Philadelphia (1993).
- (15) U.S. Environmental Protection Agency, Manual of Ground Water Sampling Procedures (1981).
- (16) Harley, J.H. EML Procedures Manual, HASL-300. Environmental Measurements Lab. U.S. Department of Energy. New York. 27th edition. (Rev. February 1992).
- (17) Johns, F.B., Hahn P.B. (eds) Radiochemical Analytical Procedures for Analysis of Environmental Samples. EMSL-LV- 0539-I 7. Environmental Monitoring and Support Laboratory U.S. Environmental Protection Agency. Las Vegas (1979).
- (18) Krieger, H.L. Prescribed Procedures for Measurement of Radioactivity in Drinking Water. Rep. EPA-600/4-80-032 Environmental Monitoring and Support Lab. (1980).
- (19) A Handbook of Radioactivity Measurements Procedures. National Council on Radiation Protection and Measurements. NCRP 58. Bethesda Maryland (1985).
- (20) Procedimiento para la determinación de I-131 por su emisión beta en agua y leche. Procedimiento MA/03. CIEMAT (1987).
- (21) Procedimiento de determinación de emisores gamma en muestras ambientales. Procedimiento MA/06. CIEMAT (1987).
- (22) Procedimiento para la determinación de Sr-89 y Sr-90 en suelos y sedimentos. Procedimiento MA/07. CIEMAT (1987).
- (23) Procedimiento para la determinación de Sr-89 y Sr-90 en agua, muestras biológicas y filtros de aire. Procedimiento MA/09. CIEMAT (1987).
- (24) Procedimiento para la determinación de I-131 en carbón activo. Procedimiento MA/10. CIEMAT (1987).
- (25) Procedimiento para la determinación por emisión beta de I-131 en vegetales de hoja ancha. Procedimiento MA/11. CIEMAT (1987).
- (26) Procedimiento para la determinación de actividad beta total en muestras ambientales de diversa naturaleza. Procedimiento MA/13. CIEMAT (1987).
- (27) Determinación de tritio en agua superficial. Procedimiento MA/15. CIEMAT (1988).
- (28) Orden de 1 de julio de 1987 por la que se aprueban los métodos oficiales de análisis físico-químicos para aguas potables de consumo público (BOE nº 163 del 9 de julio de 1987).
- (29) Speer, D.R.; Waite, D.A. Statistical Distribution as Applied to Environmental Surveillance Data. BNWL-SA-5482, Battelle Pacific North West Laboratories, Richland, Washington (1975).

- (30) Curie, L.A. Lower Limit of Detection Definition and Elaboration of a Proposed Position for Radiological Effluent and Environmental Measurements. NUREGXR-4007. Sep, (1984).
- (31) Real Decreto 1317/1989, de 27 de octubre, por el que se establecen las Unidades Legales de Medida (B.O.E. nº 264, del 3-I I-89).
- (32) Quality Assurance for Radiological Monitoring Programs (Normal Operations)-Effluent Streams and the Environment. Regulatory Guide 4.15 U.S.N.R.C. Revisión 1. February (1979).

Bibliografía

- ICRP N° 43 Principles of Monitoring for the Radiation Protection of the Population. International Commission on Radiological Protection. Mayo (1984).
- Office of Radiation Programs. Environmental Radioactivity Surveillance Guide. ORP/SID 72-2. Environmental Protection Agency. June (1972).
- Organisation et mise en oeuvre de la surveillance et du controle de la radioactivite a proximite des installations nucleaires - Guide pratique. Commission des Communautés Européennes (1975).
- Office of Regulatory Standards. Programs for Monitoring Radioactivity in the Environs of Nuclear Power Plants. Revision 1, Regulatory Guide 4.1. Nuclear Regulatory Commission. Washington, D.C., April(1975).
- Office of Regulatory Standards. Environmental Technical Specifications for Nuclear Power Plants. Regulatory Guide 4.8. Nuclear Regulatory Commission. Washington, D.C., December (1975).
- Safety Series 41. Objectives and Design of Environmental Monitoring Programmes for Radioactive Contaminants. International Atomic Energy Agency. Vienna (1975).
- Corley, J.P. A Guide for Environmental Radiological Surveillance at U.S. Department of Energy Installations. DOE/EP-0023 U.S. Department of Energy, July (1981).
- Exposure Meters and Dosimeters-General Methods for Testing. International Standard ISO -1978 (E).

Apéndice I

MODELO DE P.V.R.A. (1)

Vía de exposición y/o tipo de muestra	Número de muestras y puntos	Frecuencia de muestreo	Tipo y frecuencia de análisis
1. Radiación directa	Una estación de medida con dos o más dosímetros, situada en cada una de las 16 direcciones de la rosa de los vientos en aquellos puntos en el límite o fuera de la zona de acceso restringido al público donde se prevea la máxima concentración a nivel del suelo. Una estación de medida con dos o más dosímetros, situada en cada uno de los cinco o más núcleos de población representativos de la zona. Una estación de control con dos o más dosímetros, situada a una distancia superior a 15 km donde la concentración prevista a nivel del suelo sea mínima.	Cambio de dosímetro después de un período de exposición máximo de un trimestre.	Lectura de la dosis integrada en el período de exposición.
2. Aire 2.1 Partículas y radioyodos	Una muestra en cada uno de los dos puntos con la máxima concentración prevista a nivel del suelo situados en el límite o fuera de la zona de acceso restringido al público. Una muestra en cada una de las dos poblaciones cercanas con la máxima concentración prevista a nivel del suelo. Una muestra de control de una localización situada a una distancia entre 15 y 30 km donde la concentración prevista a nivel del suelo sea mínima.	Muestreo continuo con cambio del elemento filtrante semanal.	a) partículas: - beta total en cada filtro. - para cada localización espectrometría gamma trimestral de los filtros agrupados obtenidos en el período. - para cada localización Sr-90 trimestral de los filtros agrupados obtenidos en el período. b) radioyodo: - análisis semanal de I-131 en cada cartucho.

Vía de exposición y/o tipo de muestra	Número de muestras y puntos	Frecuencia de muestreo	Tipo y frecuencia de análisis
3. Deposición 3.1 Agua de lluvia (deposición húmeda) 3.2 Suelo (deposición total)	Una muestra de cada punto donde se recogen partículas en los puntos con la máxima concentración prevista a nivel del suelo. Una muestra en el punto de control donde se recogen partículas. Una muestra de cada localización donde se recogen partículas. Una muestra en cada uno de los dos puntos donde se prevea la máxima deposición.	Muestreo continuo con recogida de muestras mensual. Anual.	- espectrometría gamma mensual. - Sr-90 mensual. - espectrometría gamma anual. - Sr-90 anual.
4. Agua 4.1 Agua potable	Una muestra en cada uno de tres abastecimientos que puedan ser afectados por las descargas. Una muestra de control de un abastecimiento no influido por las descargas.	Muestreo proporcional continuo 0 con la mayor frecuencia posible, como mínimo quincenal.	- para cada localización espectrometría gamma mensual de las muestras agrupadas en el período. - para cada localización beta total trimestral de las muestras agrupadas en el período. - para cada localización beta resto trimestral de las muestras agrupadas en el período. - para cada localización Sr-90 trimestral de las muestras agrupadas en el período. - para cada localización H-3 trimestral de las muestras agrupadas en el período. - para cada localización I-I 31 quincenal cuando la dosis estimada por ingestión de agua potable sea mayor de 0,01 mSv. (2)

Vía de exposición y/o tipo de muestra	Número de muestras y puntos	Frecuencia de muestreo	Tipo y frecuencia de análisis
4.2 Agua subterránea (3)	Una muestra de cada fuente con mayor probabilidad de ser afectada por las descargas. Una muestra de control de una fuente no influida por las descargas.	Trimestral.	- beta total de cada muestra. - beta resto de cada muestra. - espectrometría gamma de cada muestra. - H-3 de cada muestra.
4.3 Agua superficial (4)	Una muestra en cada uno de dos puntos situados aguas abajo de la descarga después de la mezcla completa, situando el primero de ellos en las inmediaciones de dicha zona. Una muestra de control en un punto situado aguas arriba de la descarga.	En el punto más próximo a la descarga y en el de control, muestreo proporcional continuo. En los demás puntos, muestreo proporcional continuo 0 con la mayor frecuencia posible,	- para cada localización beta total mensual de las muestras agrupadas en el período. - para cada localización beta resto mensual de las muestras agrupadas en el período. - para cada localización espectrometría gamma mensual de las muestras agrupadas en el período. - para cada localización H-3 trimestral de las muestras agrupadas en el período.
4.4 Sedimentos (4)	Una muestra de un punto situado aguas abajo en las inmediaciones de la descarga después de la mezcla completa. Una muestra de un punto situado aguas abajo en la zona donde se prevea máxima sedimentación. Una muestra de control en un punto situado aguas arriba de la descarga.	Semestral.	- espectrometría gamma de cada muestra. - Sr-90 de cada muestra.
4.5 Orillas y playas	Una muestra de un punto donde se prevea máxima sedimentación situado aguas abajo o, en el caso de emplazamientos costeros, en el entorno de la descarga, donde existan actividades recreativas.	Semestral.	- espectrometría gamma de cada muestra.

Vía de exposición y/o tipo de muestra	Número de muestras y puntos	Frecuencia de muestreo	Tipo y frecuencia de análisis
4.6 Organismos indicadores (4)	Una 0 más muestras en cada uno de dos puntos situados aguas abajo de la descarga después de la mezcla completa, situando el primero de ellos en las inmediaciones de dicha zona. Una muestra de control en un punto situado aguas arriba de la descarga.	Semestral.	- espectrometría gamma de cada muestra. - Sr-90 de cada muestra.
5. Alimentos 5.1 Leche	Una muestra de granjas lecheras o animales individuales situados en cada una de las tres localizaciones seleccionadas entre aquellas donde se prevea la máxima deposición. Una muestra de cada central lechera que recoja la producción de la zona. Una muestra de control de granjas lecheras o animales individuales de una localización situada a una distancia entre 15 y 30 km donde la deposición prevista sea mínima.	Quincenal en época de pastoreo, mensual el resto del año.	- I-131 quincenal en época de pastoreo, mensual el resto del año. - espectrometría gamma mensual. - Sr-90 mensual.
5.2 Vegetales	Una muestra de cada especie principal producida en cada una de las zonas donde se prevea la máxima deposición. Una muestra de cada especie principal irrigada (con aguas en las que se eviten efluentes líquidos). Una muestra de control de las mismas especies producidas a distancias entre 15 y 30 km donde la deposición sea menor e irrigadas con aguas captadas antes del vertido	En cada cosecha.	- espectrometría gamma de las partes comestibles de cada muestra. - Sr-90 de las partes comestibles de cada muestra. - I-131 en las partes comestibles de las especies de hoja ancha.

Vía de exposición y/o tipo de muestra	Número de muestras y puntos	Frecuencia de muestreo	Tipo y frecuencia de análisis
5.3 Carne y huevos (5)	Una muestra procedente de animales de cada especie principal alimentada con productos obtenidos en cada una de las zonas donde se prevea la máxima deposición y/o que beban aguas que puedan estar influidas por los efluentes líquidos. Una muestra de control de los mismos productos procedentes de animales que consuman alimentos obtenidos entre 15 y 30 km en la zona donde se prevea la mínima deposición y/o que beban aguas no influidas por los efluentes líquidos.	Semestral.	espectrometría gamma en las partes comestibles de cada muestra.
5.4 Peces y mariscos	Una muestra de cada especie principal, tanto en captura comercial (6) como deportiva, en una zona que pueda estar influida por las descargas. Una muestra de control de las mismas especies procedentes de zonas no influidas por las descargas.	Semestral.	espectrometría gamma en las partes comestibles de cada muestra.

- (1) Esta tabla presenta un programa mínimo aceptable para la fase operacional. Podría ser modificado de acuerdo a las características particulares de la zona o a las diferentes fases consideradas en esta guía.

(2) La dosis se calculará para el grupo de edad y órgano críticos, utilizando la metodología y parámetros del Manual de Cálculo de Dosis al Exterior (MCDE).

(3) Si el agua es utilizada como agua de bebida de consumo humano, se aplicará lo correspondiente al punto 4.1 de agua potable.

(4) En el caso de emplazamientos costeros la ubicación de los puntos se realizará de acuerdo con los estudios hidrológicos de la zona.

(5) En aquellas zonas donde la carne procedente de caza sea un componente importante de la dieta se incluirá su muestreo en el programa.

(6) Se entiende por captura comercial el muestreo de especies procedentes de cualquier tipo de explotación comercial existente en la zona (incluidas lonjas, piscifactorías, astafactorías, etc.).

Apéndice II

VALORES RECOMENDADOS PARA EL LIMITE INFERIOR DE DETECCION

Vía	Aire (Bq/m ³)	Agua (Bq/m ³)	Leche (Bq/m ³)	Suelo, Se- dimento, Arena playa (Bq/kg) (1)	Carne, Peces, Mariscos (Bq/kg) (2)	Cultivos (Bq/kg)(2)	
						B.C.A.(3)	A.C.A.(4)
Beta Total	2,0.10 ⁻⁴	50 (5)	—	—	—	—	—
Beta Resto		50 (5)	—	—			—
Sr-90	2,0.10 ⁻⁵	25	55	1,0	0,20	0,10	0,10
H-3		6.000	—	—	—	—	
I-131	1,0.10 ⁻³	50 (6)	35	—			1,00
CO-58	8,0.1 0 ⁻⁵	300	300	1,0	1,00	1,00	0,30
Co-60	8,0.10 ⁻⁵	300	300	1,0	1,00	1,00	0,30
Mn-54	6,5.10 ⁻⁵	200	250	1,0	0,80	0,80	0,40
Fe-59	2,0.1 0 ⁻⁴	500	500	2,0	1,50	1,40	0,50
Zn-65	2,0.1 0 ⁻⁴	500	500	2,0	1,50	1,80	0,50
Nb-95	1,5.10 ⁻⁴	400	300	1,5	1,00	1,00	0,30
Zr-95	2,0.10 ⁻⁴	500	400	2,0	1,50	1,70	0,40
Cs-134	7,4.1 0 ⁻⁵	200	250	1,0	0,80	0,80	0,30
Cs-137	7,4.1 0 ⁻⁵	200	250	1,0	0,80	0,80	0,30
Ba-140	8,0.10 ⁻³	600	600	8,0	4,00	5,00	2,00
La-I 40	3,0.10 ⁻³	300	500	2,0	1,50	1,50	0,40
Ce-I 44	3,0.1 0 ⁻⁴	500	800	5,0	2,50	2,50	1,00

- (1) Peso seco.
- (2) Peso húmedo.
- (3) B.C.A.- Cultivos con bajo contenido en agua.
- (4) A.C.A.- Cultivos con alto contenido en agua.
- (5) Valor del Límite Inferior de Detección para agua de mar 5.000.
- (6) Si no es una muestra de agua potable, se puede considerar un valor de 200.

OBSERVACION: En el caso de organismos indicadores el Límite Inferior de Detección recomendado será el correspondiente a los apartados carne, peces y mariscos o cultivos dependiendo del tipo de muestra.

PRINCIPALES DISPOSICIONES EN MATERIA DE SEGURIDAD NUCLEAR Y PROTECCION RADIOLOGICA

Con rango de ley

LEY 25/64, de 29 de abril, sobre energía nuclear, modificada parcialmente por la Ley 25/68, de 20 de junio. (BOE 04-05-64).

LEY 15/1 980, de 22 de abril, de creación del Consejo de Seguridad Nuclear. (BOE 25-04-80).

Cobertura de riesgos nucleares

Decreto 2177/67 de 22 de julio, por el que se aprueba el Reglamento sobre Cobertura de Riesgos Nucleares, modificado por el

Decreto 742/68 de 28 de marzo, que modifica el Decreto 2177/67 de 22 de julio.

Decreto 2864/68 de 7 de noviembre, sobre señalamiento de la cobertura exigible en materia de responsabilidad civil por riesgos nucleares, y que afecta al artículo 57 de la Ley sobre Energía Nuclear.

Instalaciones

Decreto 2869/72 de 21 de julio, por el que se aprueba el Reglamento sobre Instalaciones Nucleares y Radiactivas, (BOE 24-I O-92).

Real Decreto 1891/1991, de 30 de diciembre, sobre instalación y utilización de aparatos de Rayos X con fines de diagnóstico médico. (BOE 3-01-92).

Transportes

Carretera:

Real Decreto 74/92, de 31 de enero, por el que se aprueba el Reglamento Nacional de Transportes de Mercancías Peligrosas por Carretera (BOE de 22-2-92), y que deroga las disposiciones anteriormente vigentes: Real Decreto 1999/79, de 29 de junio, Real Decreto 1468/81 de 22 de mayo, y Real Decreto 1723/84, de 20 de junio.

Acuerdo Europeo Internacional de Mercancías Peligrosas (ADR) sobre transporte por carretera, de 30 de septiembre de 1957, cuya adhesión se realiza por España mediante instrumento publicado en Boletín Oficial del Estado nº 163, del 9 de julio de 1973. Puesto al día en numerosas ocasiones.

Acuerdo Europeo sobre Transporte Internacional de Mercancías Peligrosas por carretera (ADR), formalizado en Ginebra el 30 de septiembre de 1957 (BOE de 7 al 14 de noviembre de 1986). Acuerdos bilaterales de los que es parte España, y que derogan temporalmente ciertas disposiciones de los Anexos del Acuerdo.

Ferrocarril:

Real Decreto 879/89, de 2 de junio, por el que se aprueba el Reglamento Nacional para el transporte de mercancías peligrosas por ferrocarril. (TPF)

Vía Marítima:

Real Decreto 145/1989, de 29 de enero, por el que se aprueba el Reglamento Nacional de Admisión, Manipulación y Almacenamiento de Mercancías Peligrosas en los Puertos. Este Reglamento remite al Código Internacional Marítimo sobre Mercancías Peligrosas.

Vía Aérea:

Real Decreto 1749/84, de 1 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento Nacional e Instrucciones Técnicas para el Transporte Aéreo sin riesgos de mercancías peligrosas.

Orden de 28 de diciembre de 1990, por la que se actualiza el Reglamento Nacional para el Transporte sin Riesgos de Mercancías Peligrosas por Vía Aérea.

Protección radiológica

Real Decreto 1132/90, de 14 de septiembre, por el que se establecen medidas fundamentales de protección radiológica de las personas sometidas a exámenes y tratamientos médicos. (BOE 18 de septiembre 1990).

Real Decreto 53A.992, de 24 de enero, por el que se aprueba el Reglamento sobre Protección Sanitaria contra las Radiaciones Ionizantes, y por el que se derogan los Reales Decretos 2.519/82, de 12 de agosto, y 1.753/87, de 25 de noviembre, como disposiciones anteriormente vigentes sobre la materia. (BOE 12 de febrero 1992). La corrección de erratas fue publicada en el BOE de 15 de abril de 1992..