

Protección radiológica y vigilancia ambiental

La protección radiológica tiene como misión limitar los efectos perjudiciales de las radiaciones ionizantes para los trabajadores profesionalmente expuestos, el público y el medio ambiente, como son los riesgos que puede implicar la utilización de fuentes radiactivas, tanto naturales como artificiales, en cualquier actividad.

Para conseguir los objetivos de la protección radiológica se establecen tres principios básicos:

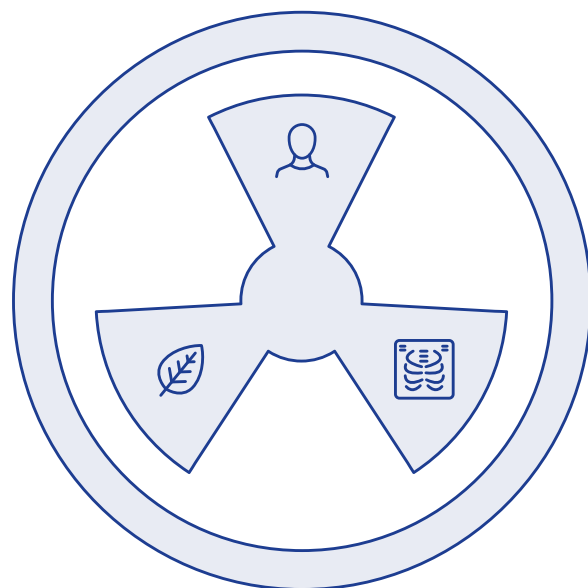
- **Justificación:** cualquier exposición a las radiaciones ionizantes debe estar justificada, de modo que los beneficios aportados por las radiaciones sean mayores que los riesgos de exponerse a ellas.
- **Optimización:** basado en el criterio ALARA (*As Low As Reasonably Achievable*), es decir, la exposición a la radiación debe mantenerse en niveles tan bajos como sea razonablemente posible.
- **Limitación de dosis:** la realización de actividades debe tener unos límites por debajo de aquellos que están establecidos como perjudiciales para las personas y pueden afectar a su salud.

La protección radiológica comprende las medidas establecidas para la seguridad y la protección de las personas y del medio ambiente frente a posibles riesgos de las radiaciones ionizantes



Los principios de la protección radiológica implican que hay que considerar también las exposiciones potenciales por causa de incidentes y accidentes. Para estos casos, las limitaciones se establecerán de modo general con respecto a su probabilidad de ocurrencia.

Protección radiológica



Conjunto de medidas para la protección de los seres humanos y del medio ambiente frente a los posibles riesgos derivados de la exposición a las radiaciones ionizantes.

Principios básicos

Toda exposición a la radiación debe ser mantenida a un nivel tan bajo como sea razonablemente posible.



Justificación



Optimización



Limitación
de dosis

Fuentes: LANENT y Foro Nuclear

¿Qué son las radiaciones ionizantes?

Radiaciones de alta energía formadas por partículas o por ondas electromagnéticas de muy alta frecuencia con la suficiente energía como para producir la ionización de un átomo y romper los enlaces atómicos que mantienen las moléculas unidas en las células.



Irradiación vs. Contaminación



Irradiación

Exposición de una persona u objeto a las radiaciones ionizantes procedentes de una fuente externa al organismo.



Contaminación

Ocurre cuando una sustancia radiactiva no deseada se deposita en la superficie de un cuerpo o es incorporada en él.

3 reglas de oro para evitar la irradiación

Reducen los riesgos de irradiación a los que están sometidos los individuos.



Tiempo



Distancia



Blindaje

Pioneros de la radiactividad

La radiactividad, como algunos otros grandes hallazgos de la ciencia, fue descubierta de forma totalmente casual.



M. Curie



H. Becquerel



E. Rutherford

Magnitudes y unidades de medida de las radiaciones ionizantes

Actividad



Mide

Desintegración
radiactiva

Unidad S.I.
Bq

Dosis
absorbida



Mide

Energía
depositada

Unidad S.I.
Gy

Dosis
equivalente



Mide

Efecto
biológico

Unidad S.I.
Sv

Dosis
efectiva



Mide

Riesgo

Unidad S.I.
Sv

Qué es la radiación - Conceptos fundamentales

La radiación es la emisión, propagación y transferencia de energía en cualquier medio en forma de ondas electromagnéticas o partículas. Una onda electromagnética es una forma de transportar energía (por ejemplo, el calor que transmite la luz del Sol). A mayor frecuencia, más energía, y viceversa.

Los seres vivos conviven con las radiaciones desde sus orígenes. Sin la radiación del Sol, no existiría vida en la Tierra y sin la radiación infrarroja, no podríamos calentarnos. Además de estas fuentes naturales de radiación, el ser humano ha sido capaz de desarrollar distintos aparatos que utilizan radiaciones. Utilizamos la radiación cuando escuchamos la radio, hablamos con el móvil, calentamos el desayuno en el microondas, tostamos el pan o nos hacen una radiografía.

Las ondas o radiaciones electromagnéticas se pueden clasificar en:

- **Radiaciones no ionizantes:** no tienen suficiente energía como para ionizar o romper los enlaces que unen los átomos del medio que irradian (ondas de radio, microondas, luz visible, etc.).
- **Radiaciones ionizantes:** tienen suficiente energía como para producir ionizaciones de los átomos del medio o materia que es irradiado. Van desde los rayos X hasta la radiación cósmica. La radiactividad es uno de los grandes descubrimientos del hombre contemporáneo. **En la actualidad, las sustancias radiactivas o los instrumentos emisores de radiaciones ionizantes resultan insustituibles en medicina, agricultura, industria, ciencias de la tierra o biología, entre otras.**

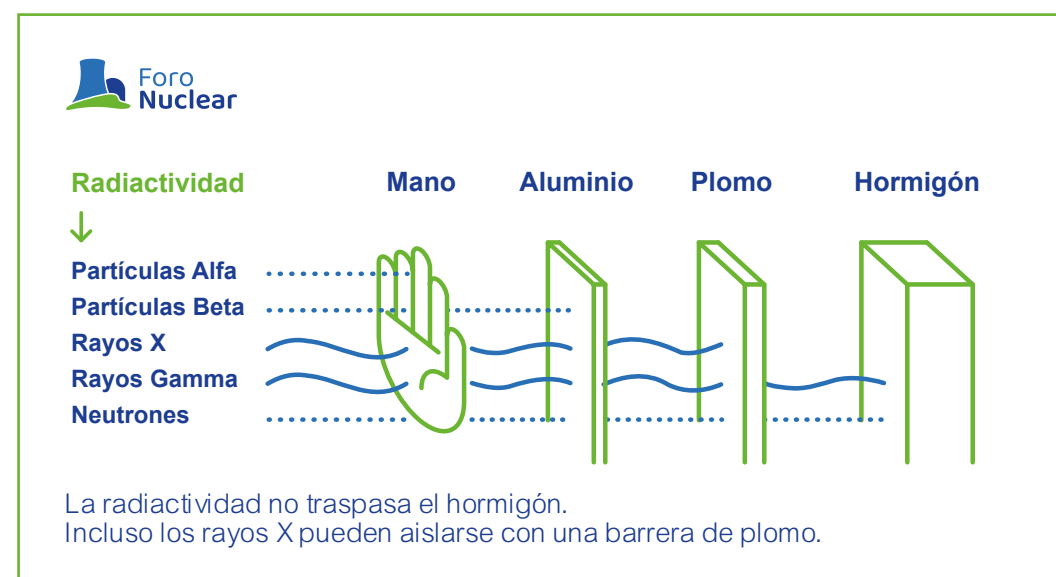
La radiactividad es un fenómeno físico por el cual algunos cuerpos o elementos químicos, llamados radiactivos, emiten radiaciones que tienen la propiedad de impresionar placas fotográficas, ionizar gases, producir fluorescencia, etc.

Según su interacción con la materia, se definen tres tipos de radiaciones:

- **Alfa (α):** con capacidad limitada de penetración en la materia, pero mucha intensidad energética.
- **Beta (β):** algo más penetrante, pero menos energética que las radiaciones alfa.
- **Gamma (γ):** es la radiación más penetrante.

La rapidez con la que ocurren las transformaciones en una sustancia radiactiva se denomina actividad. Esta se mide por el número de átomos que se desintegran en una unidad de tiempo. La unidad estándar para expresar la actividad es el becquerelio (Bq), que equivale a una desintegración por segundo. Sin embargo, como el becquerelio representa una cantidad muy pequeña, en la práctica se suelen utilizar sus múltiplos.

La exposición de los seres humanos a las radiaciones ionizantes es constante, bien sea por la radiación natural o artificial



Origen de las radiaciones

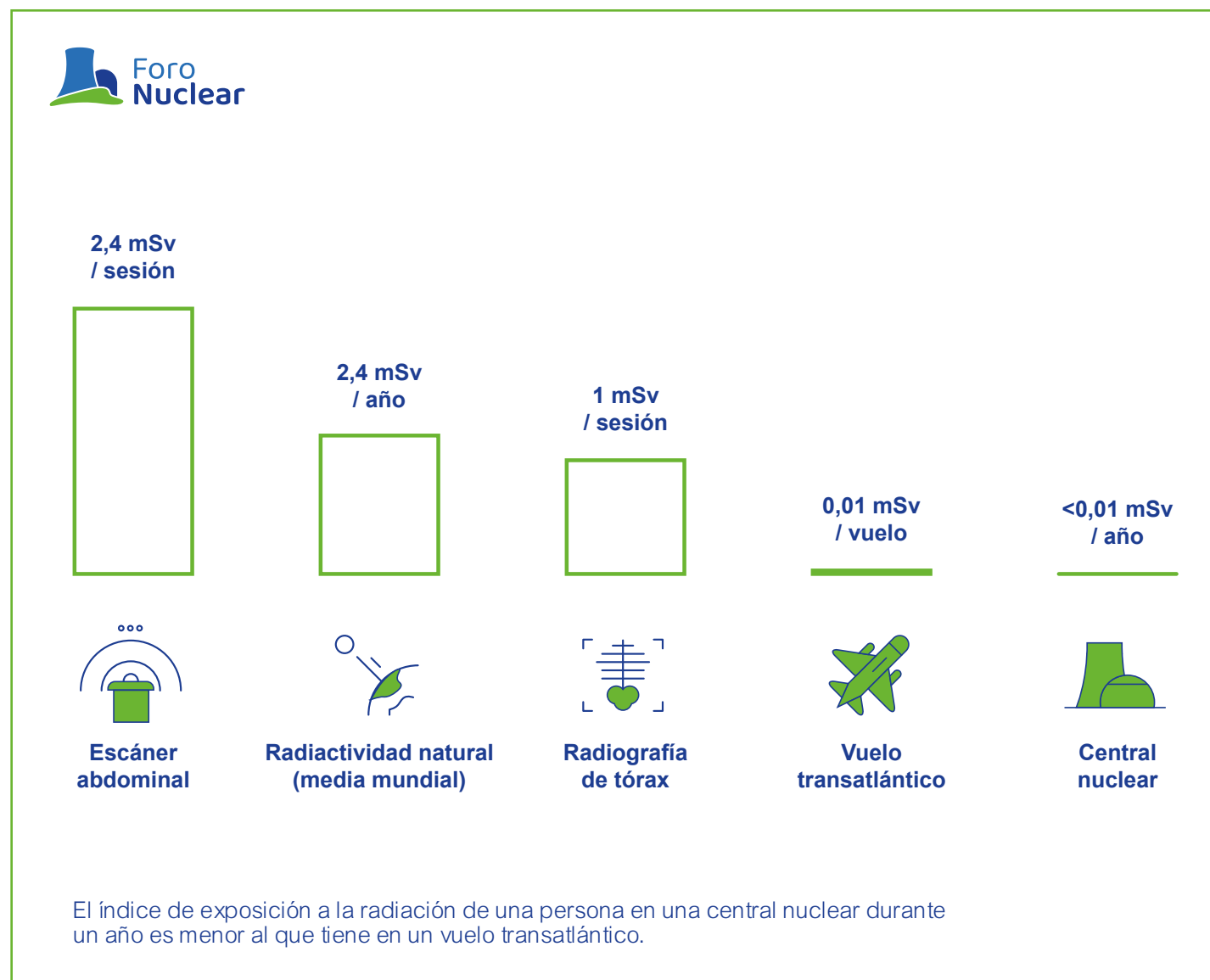
Las personas están expuestas continuamente a radiaciones ionizantes. De estas radiaciones, unas proceden de la propia naturaleza, sin que el ser humano haya intervenido y otras son artificiales.

Las radiaciones de origen natural constituyen el fondo radiactivo natural, que puede provenir de:

- **Espacio exterior** (radiación cósmica): Llegan a la Tierra cada segundo [protones (86%) y partículas alfa (12%)]. Puesto que la atmósfera absorbe parcialmente las radiaciones, el fondo natural - debido a esta causa - varía con la altitud, de tal modo que es menor al nivel del mar que en lo alto de una montaña. Para el promedio mundial, la radiación cósmica supone un 10% de la dosis.
- **Corteza terrestre:** supone un 14% de la dosis promedio mundial.
- **Organismo humano:** principalmente isótopos de carbono y potasio, que suponen aproximadamente el 52% de la dosis promedio mundial.

Como promedio, la dosis procedente del fondo natural que recibe una persona en España es del orden de 2,4 mSv/año.

Las radiaciones de origen artificial se deben a la exposición a diversas fuentes de origen no natural, como las exploraciones radiológicas con fines médicos, que es la fuente mayoritaria, o los viajes en avión.



Protección radiológica frente a la radiación natural

La exposición de los seres humanos a las fuentes naturales de radiación es una característica continua e inevitable de la vida en la Tierra. Hay dos contribuyentes fundamentales a las exposiciones a la radiación natural: la radiación cósmica que atraviesa la atmósfera terrestre y la radiación terrestre, procedente de los elementos radiactivos que se encuentran en la corteza de la Tierra desde su formación.

Los isótopos radiactivos son ubicuos en el medioambiente. Se encuentran en el suelo, en el agua, en el aire, en los alimentos, en los materiales de construcción y en nuestro propio cuerpo. De todos ellos, el radón (Rn), un gas que procede en gran medida de la desintegración del radio-226, representa la principal contribución a la dosis debida a la radiación natural.



Organismo competente en protección radiológica en España

El Consejo de Seguridad Nuclear (CSN) es el único organismo competente en España en materia de seguridad nuclear y protección radiológica y tiene como misión proteger a los trabajadores, a la población y al medio ambiente de los efectos nocivos de las radiaciones ionizantes, consiguiendo que las instalaciones nucleares y radiactivas sean operadas por los titulares de forma segura, y estableciendo las medidas de prevención y corrección frente a emergencias radiológicas, cualquiera que sea su origen.

Las funciones del CSN son:

- Evaluar la seguridad y la protección radiológica de las instalaciones nucleares y radiactivas e inspeccionar su funcionamiento.
- Evaluar e inspeccionar cualquier actividad que implique manipulación, procesado, almacenamiento o transporte de sustancias nucleares y radiactivas o, en general, riesgo de exposición a radiaciones ionizantes.
- Vigilar y controlar los niveles de radiación dentro y fuera de las instalaciones (en aire, agua, suelo, alimentos, etc.) evaluando el impacto radiológico en las personas y el medio ambiente.

En España, la normativa fundamental aplicable sobre protección radiológica es el Reglamento sobre Protección de la Salud contra los Riesgos derivados de la Exposición a las Radiaciones Ionizantes.

Riesgo de irradiación externa

El riesgo de irradiación externa se produce como consecuencia de una fuente radiactiva externa al organismo (ej. equipos de rayos X, aceleradores, etc.). Las normas básicas para reducir la exposición en estos casos son:

- **Distancia:** aumentando la distancia con la fuente de radiaciones ionizantes la exposición disminuye en la misma proporción en que aumenta el cuadrado de la distancia.
- **Tiempo:** disminuyendo el tiempo de exposición todo lo posible se reducirán las dosis recibidas.
- **Blindaje:** mediante la interposición de un espesor suficiente de material absorbente o blindaje entre la persona y la fuente de radiación se consigue eliminar completamente o reducir de manera significativa la dosis recibida.

La irradiación sucede al someterse a radiaciones ionizantes, mientras que la contaminación es la presencia indeseada de sustancias radiactivas en la superficie o en el interior del organismo

Diferencia entre irradiación y contaminación

- **La irradiación sucede al someterse a radiaciones ionizantes.** Puede evitarse o atenuarse aplicando los tres principios básicos mencionados: distancia, tiempo y blindaje. **La dosis recibida depende del tiempo de exposición, la distancia a la fuente de exposición y la existencia o no de blindaje.**
- **La contaminación es la presencia indeseada de sustancias radiactivas en la superficie o en el interior del organismo.**

Se distinguen dos tipos de contaminación:

- **Contaminación interna**

Se produce por inhalación, ingestión o incorporación al organismo a través de heridas. En este caso, las sustancias radiactivas se comportan en el interior del organismo como fuentes de radiación, es decir, producen irradiación de los tejidos u órganos en los que se depositan provocando distintos efectos que dependerán del órgano o tejido al que irradien y del tiempo que permanezcan en el organismo.

Es importante el uso de mascarillas, filtros o incluso equipos de respiración asistida cuando se manipulan sustancias radiactivas. Además, en las instalaciones en que se trabaja con material radiactivo, está totalmente prohibido comer y beber.



- **Contaminación externa**

Se produce cuando las sustancias radiactivas se depositan sobre la piel. Deben eliminarse antes de que se produzca una contaminación interna. Para eliminar esta contaminación, hay que lavar la superficie contaminada. Además, para evitar que ocurra una contaminación, es necesario el uso de guantes y ropa desechable.

Riesgo de contaminación

El riesgo de contaminación se produce como consecuencia de la dispersión de material radiactivo que puede depositarse en la piel o incorporarse al organismo por vías de inhalación, ingestión o penetración a través de heridas, rozaduras u otro tipo de lesiones. En el ámbito laboral este riesgo está asociado a la utilización de fuentes radiactivas no encapsuladas.

Para protegerse contra este riesgo, hay que evitar la presencia de contaminación radiactiva en el ambiente aplicando medidas de confinamiento (ventilación, vitrinas, cajas de guantes), utilizando un vestuario apropiado y haciendo uso de protección respiratoria.

Seguimiento y control de la liberación de materiales radiactivos

Como consecuencia de la operación de las instalaciones nucleares y radiactivas se generan residuos radiactivos cuyo tratamiento da lugar a materiales residuales sólidos y a efluentes líquidos y gaseosos.

Los materiales residuales sólidos presentan contenidos muy variables de radiactividad. Aquellos cuyo contenido es más elevado se almacenan, debidamente acondicionados, en instalaciones adecuadas a sus características.

Tras un tratamiento específico para reducir su contaminación a niveles adecuados, los efluentes líquidos y gaseosos se descargan al medio ambiente. Para ello, **las instalaciones donde se generan deben disponer de sistemas adecuados de tratamiento y evacuación, con el fin de garantizar que las dosis derivadas de los vertidos sean inferiores a los límites autorizados.**



Vigilancia radiológica ambiental en España

Entre los programas de protección civil que amparan a la población ante riesgos diversos, ocupan un lugar importante los de vigilancia radiológica ambiental, que cubren todo el territorio nacional.

El ámbito de esta vigilancia abarca:

- Deposición en cosechas, pastos y terrenos
- Efluentes gaseosos y líquidos
- Irrigación
- Ingesta de vegetales, leche y carne
- Inhalación
- Exposición externa a gases nobles
- Ingesta de agua y de animales acuáticos
- Bioacumulación en organismos acuáticos



Para detectar las radiaciones se recurre a instrumentos como contadores **Geiger** portátiles, cámaras de ionización, contadores de centelleo, detectores de semiconductores o detectores de trazas.

En España, la vigilancia y el control de los niveles de radiactividad se realizan mediante redes y programas coordinados por el Consejo de Seguridad Nuclear

Para contabilizar la cantidad de radiación recibida por una persona (dosis), se utilizan dosímetros termoluminiscentes y de lectura directa.

En España, la vigilancia y el control de los niveles de radiactividad, tanto dentro como fuera de las instalaciones nucleares y radiactivas, se realizan mediante redes y programas coordinados por el Consejo de Seguridad Nuclear. Entre ellos destaca el sistema de Red de Vigilancia Radiológica Ambiental (REVIRA), que permite:

- Detectar la presencia y vigilar la evolución de elementos radiactivos y de los niveles de radiación ambiental.
- Determinar las causas de posibles incrementos de los niveles radiactivos en el medio ambiente.
- Estimar el riesgo radiológico potencial para la población.
- Establecer, en su caso, precauciones y medidas correctoras.
- Verificar el cumplimiento de los requisitos fijados en las autorizaciones de las instalaciones.

Este sistema está integrado por las siguientes redes de vigilancia:

- Red de vigilancia radiológica en el entorno de las centrales nucleares e instalaciones del ciclo del combustible nuclear con el Plan de Vigilancia Radiológica Ambiental (PVRA) de cada instalación.
- Red de vigilancia radiológica de ámbito nacional no asociada a instalaciones (REVIRA). Incluye la Red de Estaciones de Muestreo (REM) y la Red de Estaciones Automáticas (REA).

Desde un punto de vista de distribución geográfica, el sistema de redes y programas de vigilancia radiológica ambiental comprende una red de estaciones automáticas (REA) y otra de laboratorios asociados. Cuenta con tres sistemas diferenciados:

- Estaciones de detección y medida continua de radiactividad ambiental, con transmisión de señales a la Sala de Emergencias (SALEM) del organismo regulador (CSN).
- Laboratorios distribuidos por todas las Comunidades Autónomas, que llevan a cabo el muestreo y análisis de la radiación ambiental y vigilan la evolución de la calidad radiológica del medio ambiente, en las vías de exposición directa (aire, suelo y lluvia).
- Vigilancia de aguas fluviales, superficiales y costeras. El muestreo y análisis los lleva a cabo el Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX).

Los datos de la Red de Estaciones Automáticas son compartidos junto con los demás países europeos a través de la Plataforma Europea de Intercambio de Datos Radiológicos (EURDEP), de manera que se puede visualizar de forma integrada en un único mapa gráfico. En el mapa de valores radiológicos ambientales REA aparecen los valores de tasa de dosis gamma media diaria de las estaciones que miden este parámetro.

Los resultados de los programas de la red nacional (REM) y de la red asociada a instalaciones (PVRA) se pueden consultar en el mapa de valores radiológicos Ambientales PVRA - REM.

Los programas que se desarrollan en el entorno de las instalaciones presentan una densidad de puntos de muestreo y una frecuencia de recogida de muestras y análisis mayor que los realizados fuera de su zona de influencia.



Comisión Europea. Artículo 35 Euratom

El artículo 35 de Euratom establece que **cada Estado miembro de la Unión Europea “debe crear las instalaciones necesarias a fin de controlar de modo permanente el índice de radiactividad de la atmósfera, de las aguas y del suelo, así como el cumplimiento de las normas básicas. La Comisión Europea tendrá derecho al acceso a estas instalaciones de control y podrá verificar su funcionamiento y eficacia”.**

La Comisión Europea lleva a cabo misiones de verificación para controlar la radiactividad en el aire, el agua, el suelo y los alimentos en los países de la Unión Europea

Sobre la base del citado artículo, **la Comisión Europea lleva a cabo misiones de verificación para controlar la radiactividad en el aire, el agua, el suelo y los alimentos en todos los países de la Unión Europea.** Estos pueden extenderse para cubrir las descargas radiactivas de instalaciones nucleares o médicas, así como las disposiciones vigentes para monitorizar la radiactividad en caso de una emergencia por radiación. Los objetivos de verificación se seleccionan de acuerdo con su importancia radiológica o interés público y las visitas se anuncian al país en cuestión con al menos tres meses de antelación. Sin embargo, en el caso de una emisión radiactiva significativa u otro evento de radiación que despierte el interés del público, la Comisión puede realizar una visita de verificación con poca antelación.

Protección radiológica de los trabajadores

Uno de los principales objetivos de la protección radiológica consiste en la protección de los trabajadores expuestos por motivos profesionales a las radiaciones ionizantes.

Las dosis recibidas por los trabajadores expuestos durante toda la vida laboral se registran en el historial dosimétrico individual que se mantendrá debidamente actualizado y estará a disposición del propio trabajador.

Uno de los principales objetivos de la protección radiológica consiste en la protección de los trabajadores expuestos



Banco Dosimétrico Nacional

La legislación española en materia de protección radiológica exige que a cada trabajador expuesto se le abra un historial dosimétrico en el que se registren las dosis recibidas en el transcurso de su vida laboral, y que dicho historial se archive por el titular del centro en el que el trabajador desarrolla su actividad, hasta que el trabajador cumpla o hubiera cumplido la edad de 75 años, y nunca durante menos de 30 años desde el cese de la actividad laboral del trabajador.

En 1985 el Consejo de Seguridad Nuclear (CSN) decidió crear un Banco Dosimétrico Nacional (BDN) en el que se centralizaron registros dosimétricos de todos los trabajadores expuestos de las instalaciones nucleares y radiactivas españolas, garantizando así un archivo fiable y seguro de dichos registros y con el que, además, se posibilita:

- La identificación de cualquier trabajador expuesto cuyas dosis excedan los límites reglamentarios.
- La realización de estudios sobre las dosis resultantes del funcionamiento de cualquier instalación nuclear o radiactiva.
- La obtención de datos de apoyo para la realización de estudios sobre tendencias de exposición en distintos sectores (medicina, industria, etc.), para identificar áreas en las que pudiera ser necesario establecer estrategias para reducir las dosis ocupacionales.
- La obtención de datos de apoyo para la realización de estudios epidemiológicos en distintas poblaciones de trabajadores expuestos.





Carnés radiológicos y empresas externas

La normativa de protección radiológica de los trabajadores externos o de contrata con riesgo de exposición a las radiaciones ionizantes por intervención en zona controlada establece que **las empresas a las que pertenecen estos trabajadores están obligadas a presentar una declaración de sus actividades mediante su inscripción en un registro** creado al efecto por resolución del CSN, el Registro de Empresas Externas del Consejo de Seguridad Nuclear.

Asimismo, están obligadas a asignar a cada trabajador, y mantener actualizado, un documento de seguimiento radiológico conocido como carné radiológico, garantizando su actualización.

El carné radiológico es un documento público, personal e intransferible, destinado a aquellos trabajadores que desarrollan su actividad laboral en más de una instalación nuclear o radiactiva, en el que se recoge información en relación con:

- Las dosis (oficiales y operacionales) recibidas por el trabajador.
- La acreditación de la aptitud médica del trabajador para una actividad laboral en presencia de radiaciones ionizantes.
- La formación básica y específica en protección radiológica impartida al trabajador.
- Las empresas e instalaciones en que se desarrolla la actividad laboral.
- Proporcionar a sus trabajadores la información y la formación relativas a la protección radiológica exigidas en ejecución de su trabajo.

En relación con el control de las empresas externas, el Consejo de Seguridad Nuclear puede efectuar las comprobaciones que estime necesarias con objeto de verificar la autenticidad de los datos que obran en el registro, así como el grado de cumplimiento de sus obligaciones.

foronuclear.org

