

TEMA 14

RADIACIONES IONIZANTES: REAL DECRETO 783/2001, DE 6 DE JULIO, POR EL QUE SE APRUEBA EL REGLAMENTO SOBRE PROTECCIÓN SANITARIA CONTRA RADIACIONES IONIZANTES. RADIACIONES IONIZANTES. TIPOS DE RADIACIONES IONIZANTES. INTERACCIÓN DE LAS RADIACIONES IONIZANTES CON LA MATERIA: IRRADIACIÓN Y CONTAMINACIÓN. EFECTOS DE LAS RADIACIONES IONIZANTES. MÉTODOS DE DETECCIÓN Y MEDICIÓN DE LAS RADIACIONES IONIZANTES. PROTECCIÓN RADIOLÓGICA: MEDIDAS BÁSICAS DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA. RADIACIÓN NATURAL: RADÓN

INTRODUCCIÓN

Las radiaciones ionizantes acompañan al ser humano a lo largo de toda su vida. Siempre va a haber exposición a una cierta cantidad de este tipo de radiación llamada **radiación de fondo o natural**, cuyo origen es la tierra o el cosmos principalmente.

A esto hay que añadir, que la radiación ionizante es un agente físico y su presencia en el lugar de trabajo se considera una condición de trabajo según el artículo 4 de la LPRL, independientemente del origen o agente que la origine.

No obstante, cuando se superan ciertos límites de exposición en determinadas situaciones, ya sean laborales o no, se vuelven muy perjudiciales para la salud y es necesario regular la protección sanitaria de la población frente a este agente físico. La normativa específica que tiene por objeto establecer las normas de protección a los trabajadores y de los miembros del público contra los riesgos que resultan de las radiaciones ionizantes es el Real Decreto 783/2001, de 6 de julio, por el que se aprueba el Reglamento sobre protección sanitaria contra radiaciones ionizantes.

El Consejo de Seguridad Nuclear (CSN) es el único organismo competente en España en materia de seguridad nuclear y protección radiológica y es el encargado de proteger a los trabajadores, la población y el medio ambiente de los efectos nocivos de las radiaciones ionizante, y entre sus funciones cabe destacar que es el encargado de proponer reglamentación y normativa para adecuar la legislación nacional a la internacional en esta materia.

En el año 2013, se publicó la Directiva 2013/59/EURATOM que regula la exposición a radiaciones ionizantes tanto en el ámbito laboral como en el poblacional quedando una parte de esta directiva pendiente de que ser traspuesta a nuestra legislación, lo que significa que actualmente se está trabajando en ello.

1. REAL DECRETO 783/2001, REGLAMENTO SOBRE PROTECCIÓN SANITARIA CONTRA RADIACIONES IONIZANTES

El Real Decreto 783/2001, de 6 de julio, por el que se aprueba el Reglamento sobre protección sanitaria contra radiaciones ionizantes tiene por objeto establecer las normas relativas a la

protección de los trabajadores y de los miembros del público contra los riesgos que resultan de las radiaciones ionizantes, de acuerdo con la Ley 25/1964, de 29 de abril, sobre Energía Nuclear.

Ámbito de aplicación

El Reglamento se aplicará a todas las prácticas que impliquen un riesgo derivado de las radiaciones ionizantes que procedan de una fuente artificial, o bien, de una fuente natural de radiación cuando los radionucleidos naturales son o han sido procesados por sus propiedades radiactivas, fisionables o fértiles, a saber:

- a) La explotación de minerales radiactivos, la producción, tratamiento, manipulación, utilización, posesión, almacenamiento, transporte, importación, exportación, movimiento intracomunitario y eliminación de sustancias radiactivas.
- b) La operación de todo equipo eléctrico que emita radiaciones ionizantes y que contenga componentes que funcionen a una diferencia de potencial superior a 5 kV.
- c) La comercialización de fuentes radiactivas y la asistencia técnica de equipos que incorporen fuentes radiactivas o sean productores de radiaciones ionizantes.
- d) Cualquier otra práctica que la Autoridad competente, por razón de la materia, previo informe del Consejo de Seguridad Nuclear considere oportuno definir.

Asimismo, se aplicará a las actividades que desarrollan las empresas externas a las que se refiere el **Real Decreto 413/1997**, de 21 de marzo, sobre protección operacional de los trabajadores externos con riesgo de exposición a las radiaciones ionizantes por intervención en zona controlada.

El presente Reglamento se aplicará a toda intervención en caso de emergencia radiológica o en caso de exposición perdurable (Título VI), y a toda actividad laboral no contemplada en el apartado 1, pero que suponga la presencia de fuentes naturales de radiación y dé lugar a un aumento significativo de la exposición de los trabajadores o de miembros del público que no pueda considerarse despreciable desde el punto de vista de la protección radiológica (Título VII).

El reglamento no se aplica a:

1. Las situaciones de exposición al radón en las viviendas.
2. Los niveles naturales de radiación, es decir, a los radionucleidos contenidos naturalmente en el cuerpo humano, los rayos cósmicos a nivel del suelo, y la exposición en la superficie de la tierra debida a los radionucleidos presentes en la corteza terrestre no alterada.

Magnitudes y unidades

A los efectos de este Reglamento, en su anexo I se contemplan un conjunto de definiciones. Entre las magnitudes y unidades de las que se hace uso en el Real Decreto destacan las siguientes:

Trabajadores expuestos

Personas sometidas a una exposición a causa de su trabajo derivada de las prácticas a las que se refiere el presente Reglamento que pudieran entrañar dosis superiores a alguno de los límites de dosis para miembros del público

Trabajadores externos

Cualquier trabajador clasificado como trabajador expuesto, que efectúe actividades de cualquier tipo, en la zona controlada de una instalación nuclear o radiactiva y que esté empleado de forma temporal o permanente por una empresa externa, incluidos los trabajadores en prácticas profesionales, personas en formación o estudiantes, o que preste sus servicios en calidad de trabajador por cuenta propia

Dosis absorbida

La dosis absorbida (D) es la energía absorbida por unidad de masa. Su unidad es el Gray (Gy).

Dosis equivalente

Dosis equivalente H_T es la dosis absorbida en el tejido u órgano T, ponderada en función del tipo y calidad de la radiación R. Viene dada por la fórmula:

$$H_{T,R} = w_R D_{T,R}$$

Donde: $H_{T,R}$ es la dosis equivalente

$D_{T,R}$ es la dosis absorbida promediada sobre el tejido u órgano T, procedente de la radiación R

w_R es el factor de ponderación de la radiación

La unidad de dosis equivalente es el Sievert (Sv)

Dosis efectiva

La dosis efectiva (E) es la suma de las dosis equivalentes ponderadas en todos los tejidos y órganos del cuerpo a causa de las radiaciones internas y externas. Se estima mediante la fórmula:

$$E = \sum w_T H_T$$

Donde: H_T es la dosis equivalente promediada sobre el tejido u órgano T procedente de la radiación R

w_T es el factor de ponderación tisular del tejido u órgano T

La unidad de dosis efectiva es el Sievert (Sv)

Límites de dosis

Valores máximos fijados para las dosis resultantes de la exposición de los trabajadores, personas en formación, estudiantes y miembros del público, a las radiaciones ionizantes consideradas por el presente Reglamento

Principios generales: Justificación, optimización y limitación de dosis para prácticas

En el artículo 4 del R.D. 783/2001, se establecen los principios generales en los que se ha de basar todo tipo de práctica incluida en el ámbito de aplicación del presente Reglamento:

- *Justificación:* Las decisiones que introduzcan una práctica deberá estar justificada ante la autoridad laboral competente, considerando las ventajas que representa en relación con el detrimento de salud que pudiera ocasionar.
- *Optimización:* La protección radiológica de las personas sometidas a exposición ocupacional o como miembros del público se optimizará con el objetivo de mantener la magnitud de las dosis individuales, la probabilidad de exposición y el número de personas expuestas lo más bajos que sea razonablemente posible teniendo en cuenta el estado actual de los conocimientos técnicos y factores económicos y sociales.
- *Limitación de la dosis:* La suma de las dosis recibidas procedentes de todas las prácticas pertinentes no sobrepasará los límites de dosis establecidos para los trabajadores expuestos, las personas en formación, los estudiantes y los miembros del público.

Limitación de dosis (artículos 9 a 13 del Real Decreto 783/2001)

Los límites de dosis se aplican a la suma de las dosis procedentes de las exposiciones externas en el periodo especificado y las dosis comprometidas a cincuenta años a causa de las incorporaciones producidas en el mismo periodo. En su cómputo no se incluirá la dosis debida al fondo radiactivo natural ni la exposición sufrida como consecuencia de exámenes y tratamientos médicos.

Los límites de dosis en vigor están referidos a un periodo de tiempo de un año oficial y diferencian entre trabajadores expuestos, personas en formación o estudiantes y miembros del público.

Se establecen límites y medidas de protección especial para determinados casos, como mujeres embarazadas y en período de lactancia y exposiciones especialmente autorizadas.

Trabajadores expuestos (artículo 9)

El límite de dosis efectiva para los trabajadores expuestos será de 100 mSv durante todo periodo de cinco años oficiales consecutivos, sujeto a una dosis efectiva máxima de 50 mSv en cualquier año oficial. Sin perjuicio de lo anterior el límite de dosis equivalente por año oficial será:

- Para el cristalino de 150 mSv.
- Para la piel de 500 mSv.
- Para las manos, antebrazos, pies y tobillos de 500 mSv.

Protección especial durante el embarazo y la lactancia

Tan pronto como una mujer embarazada comunique su estado al titular de la práctica, la protección del feto deberá ser comparable a la de los miembros del público. Por ello, las condiciones de trabajo de la mujer embarazada serán tales que la dosis equivalente al feto sea tan baja como sea razonablemente posible, de forma que sea improbable que dicha dosis exceda de 1 mSv, al menos desde la comunicación de su estado hasta el final del embarazo.

Personal en formación y estudiantes

El límite de dosis efectiva para personas en formación y estudiantes mayores de 18 años serán los mismos que los de los trabajadores expuestos. El límite de dosis efectiva para personas en formación y estudiantes de edades entre 16 y 18 años serán de 6 mSv por año oficial. Sin perjuicio de lo anterior el límite de dosis equivalente por año oficial será:

- Para el cristalino de 50 mSv.
- Para la piel de 150 mSv.
- Para las manos, antebrazos, pies y tobillos de 150 mSv.

Exposición especialmente autorizada

En situaciones excepcionales, excluidas las emergencias radiológicas, el Consejo de Seguridad nuclear podrá autorizar, para cada caso concreto, exposiciones operacionales individuales superiores a los límites de dosis establecidos.

Límites de dosis para los miembros del público

El límite de dosis efectiva para los miembros del público será de 1 mSv por año oficial. Sin perjuicio de lo anterior el límite de dosis equivalente por año oficial será:

- Para el cristalino de 15 mSv.
- Para la piel de 50 mSv.

Principios de protección de los trabajadores (artículo 15 del Real Decreto 783/2001)

Las medidas de protección radiológica contra las radiaciones ionizantes están recogidas en su mayor parte en el Real Decreto 783/2001 y se basan en el principio de que la utilización de las mismas debe estar plenamente justificada con relación a los beneficios que aporta y ha de efectuarse de forma que el nivel de exposición y el número de personas expuestas sea lo más bajo posible, y **no sobrepasarán los límites de dosis** establecidos para los trabajadores expuestos, las personas en formación, los estudiantes y los miembros del público, salvo exposición especialmente autorizada (artículo 4).

La protección operacional de los trabajadores expuestos se basará en los siguientes principios:

- a) Evaluación previa de las condiciones laborales para determinar la naturaleza y magnitud del riesgo radiológico y asegurar la aplicación del principio de optimización.
- b) Clasificación de los lugares de trabajo en diferentes zonas, teniendo en cuenta: la evaluación de las dosis anuales previstas, el riesgo de dispersión de la contaminación y la probabilidad y magnitud de exposiciones potenciales.
- c) Clasificación de los trabajadores expuestos en diferentes categorías según sus condiciones de trabajo.
- d) Aplicación de las normas y medidas de vigilancia y control relativas a las diferentes zonas y a las distintas categorías de trabajadores expuestos, incluida, en su caso, la vigilancia individual.
- e) Vigilancia sanitaria.

Clasificación de zonas (artículo 17 del Real Decreto 783/2001)

El titular de la actividad debe clasificar los lugares de trabajo por zonas, considerando el riesgo de exposición y la probabilidad y magnitud de las exposiciones potenciales, en las siguientes zonas:

Zona controlada es aquella zona en la que existe la posibilidad de recibir dosis efectivas superiores a 6 mSv por año oficial o una dosis equivalente superior a 3/10 de los límites de dosis equivalentes para el cristalino, la piel y las extremidades y, sea necesario seguir procedimientos de trabajo para restringir la exposición, evitar la dispersión de contaminación prevenir o limitar la probabilidad y magnitud de accidentes radiológicos o sus consecuencias.

La zona controlada se subdivide en las siguientes:

- **Zonas de permanencia limitada:** Son aquellas en las que existe el riesgo de recibir una dosis superior a los límites de dosis contemplados en artículo 9 del Real Decreto 783/2001.
- **Zonas de permanencia reglamentada:** Son aquellas en las que existe el riesgo de recibir en cortos periodos de tiempo una dosis superior a los límites de dosis fijados en el artículo 9 y que requieren prescripciones especiales desde el punto de vista de la optimización.
- **Zonas de acceso prohibido:** Son aquellas en las que existe el riesgo de recibir, en una exposición única, dosis superiores a los límites de dosis fijados en el artículo 9.

Zona vigilada es aquella zona en la que, no siendo zona controlada, exista la posibilidad de recibir dosis efectivas superiores a 1 mSv por año oficial o una dosis equivalente superior a 1/10 de los límites de dosis equivalentes para el cristalino, la piel y las extremidades.

Requisitos de las zonas (artículo 18 del Real Decreto 783/2001)

Teniendo en cuenta la naturaleza y la importancia de los riesgos radiológicos, en las **zonas controladas y vigiladas** se deberá realizar una **vigilancia radiológica del ambiente de trabajo**, con arreglo a lo dispuesto en el artículo 26. Además, estas zonas:

- a) Estarán delimitadas adecuadamente y señalizadas de forma que quede de manifiesto el riesgo de exposición existente en las mismas. Esta señalización se efectuará de acuerdo con lo especificado en el anexo IV.
- b) El acceso estará limitado a las personas autorizadas al efecto y que hayan recibido las instrucciones adecuadas al riesgo existente en el interior de dichas zonas. En las zonas controladas, estas instrucciones serán acordes con los procedimientos de trabajo establecidos por escrito por el titular de la práctica.

En las **zonas controladas** en las que exista:

- a) Riesgo de exposición externa será obligatorio el uso de dosímetros individuales.
- b) Riesgo de contaminación será obligatoria la utilización de equipos personales de protección adecuados al riesgo existente. A la salida de estas zonas existirán detectores adecuados para comprobar la posible contaminación de personas y equipos y, en su caso, poder adoptar las medidas oportunas.

En las **zonas vigiladas** debe efectuarse, al menos, mediante dosimetría de área, una estimación de las dosis que pueden recibirse.

El titular de la práctica es el responsable de que se cumpla lo establecido en los párrafos anteriores y de que esto se realice con la supervisión del Servicio de Protección Radiológica o la Unidad Técnica de Protección Radiológica o, en su defecto, del Supervisor o persona a la que se le encomienden las funciones de protección radiológica.

Señalización de zonas

La señalización de las zonas controladas y vigiladas se efectuará basándose en lo establecido en la norma UNE-73-302.

- Zonas controladas: Trébol de color verde sobre fondo blanco.
- Zonas de permanencia limitada: Trébol de color amarillo sobre fondo blanco.
- Zonas de permanencia reglamentada: Trébol de color naranja sobre fondo blanco.
- Zonas de acceso prohibido: Trébol será de color rojo sobre fondo blanco.
- Zonas vigiladas: Trébol de color gris azulado sobre fondo blanco.

Clasificación de trabajadores expuestos (artículo 20 del Real Decreto 783/2001)

Los trabajadores se consideran expuestos cuando puedan recibir dosis superiores a 1 mSv por año oficial y se clasifican en dos categorías:

Categoría A

Pertenecen a esta categoría aquellas personas que, por las condiciones en las que se realizan su trabajo, pueden recibir una dosis efectiva superior a 6 mSv por año oficial o una dosis equivalente superior a 3/10 de los límites de dosis equivalente para el cristalino, la piel y las extremidades.

Categoría B

Pertenecen a esta categoría aquellas personas que, por las condiciones en las que realizan su trabajo, es muy improbable que reciban dosis superiores a 6 mSv por año oficial o a 3/10 de los límites de dosis equivalente para el cristalino, la piel y las extremidades.

Información y formación (artículo 21 del Real Decreto 783/2001)

El titular o, en su caso, la empresa externa debe informar, antes de iniciar su actividad, a sus trabajadores expuestos, personas en formación y estudiantes sobre:

- Los riesgos radiológicos asociados y la importancia del cumplimiento de los requisitos técnicos, médicos y administrativos.
- Las normas y procedimientos de protección radiológica y precauciones que se deben adoptar.

- En el caso de las mujeres, la necesidad de efectuar rápidamente la declaración de embarazo y notificación de lactancia habida cuenta de los riesgos de exposición para el feto, así como el riesgo de contaminación del lactante en caso de contaminación radiactiva corporal.

Asimismo, también se debe proporcionar, antes de iniciar su actividad y de manera periódica, formación en materia de protección radiológica a un nivel adecuado a su responsabilidad y al riesgo de exposición a las radiaciones ionizantes en su puesto de trabajo.

Evaluación de la exposición (artículos 26 a 29 del Real Decreto 783/2001)

Vigilancia del ambiente de trabajo

Teniendo en cuenta la naturaleza y la importancia de los riesgos radiológicos, en las zonas vigiladas y controladas se debe realizar una vigilancia del ambiente de trabajo que comprende:

- La medición de las tasas de dosis externas, especificando la naturaleza y calidad de las radiaciones de que se trate.
- La medición de las concentraciones de actividad en el aire y la contaminación superficial, especificando la naturaleza de las sustancias radiactivas contaminantes y sus estados físico y químico.

Vigilancia individual

Las dosis recibidas por los trabajadores expuestos deberán determinarse cuando las condiciones de trabajo sean normales, con una periodicidad no superior a un mes, para la dosimetría externa, y con la periodicidad que, en cada caso, se establezca para la dosimetría interna, de aquellos trabajadores que están expuestos a riesgo de incorporación de radionucleidos.

La vigilancia individual está en función de la categoría del trabajador y será obligatorio:

- Estimación de las dosis de los trabajadores de **categoría A**:

En el caso de riesgo de exposición externa, la utilización de dosímetros individuales que midan la dosis externa, representativa de la dosis para la totalidad del organismo durante toda la jornada laboral.

En el caso de riesgo de exposición parcial o no homogénea del organismo, la utilización de dosímetros adecuados a las partes potencialmente más afectadas.

En el caso de riesgo de contaminación interna, la realización de las medidas o análisis pertinentes para evaluar las dosis correspondientes.

- Estimación de las dosis de los trabajadores de **categoría B**:

Las dosis individuales recibidas por trabajadores expuestos pertenecientes a la categoría B se podrán estimar a partir de los resultados de la vigilancia realizada en el ambiente de trabajo, siempre y cuando estos permitan demostrar que dichos trabajadores están clasificados correctamente en la categoría B.

La vigilancia individual, tanto externa como interna, debe ser efectuada por Servicios de Dosimetría Personal expresamente autorizados por el Consejo de Seguridad Nuclear. El titular de la práctica o,

en su caso, la empresa externa debe transmitir los resultados de los controles dosimétricos al Servicio de Prevención que desarrolle la función de vigilancia y control de salud de los trabajadores.

En caso de exposiciones accidentales y de emergencia se evalúan las dosis asociadas y su distribución en el cuerpo y se realiza una vigilancia individual o evaluaciones de las dosis individuales en función de las circunstancias. Cuando a consecuencia de una de estas exposiciones o de una exposición especialmente autorizada hayan podido superarse los límites de dosis, debe realizarse un estudio para evaluar, lo más rápidamente posible, las dosis recibidas en la totalidad del organismo o en las regiones u órganos afectados.

Evaluación y aplicación de las medidas de protección radiológica

El titular de la práctica es responsable de que el examen y control de los dispositivos y técnicas de protección, así como de los instrumentos de medición, se efectúen de acuerdo con los procedimientos establecidos. En concreto debe comprender:

- El examen crítico previo de los proyectos de la instalación desde el punto de vista de la protección radiológica.
- La autorización de puesta en servicio de fuentes nuevas o modificadas desde el punto de vista de la protección radiológica.
- La comprobación periódica de la eficacia de los dispositivos y técnicas de protección.
- La calibración, verificación y comprobación periódica del buen estado y funcionamiento de los instrumentos de medición.

Todo ello se realiza con la supervisión del Servicio de Protección Radiológica o la Unidad Técnica de Protección Radiológica, o en su caso, del Supervisor o persona que tenga encomendadas las funciones de protección radiológica. La obligatoriedad de disponer de una u otra figura lo decide, en cada caso, el Consejo de Seguridad Nuclear en función del riesgo radiológico existente y deben estar autorizados por el mismo.

Vigilancia sanitaria de los trabajadores expuestos (artículo 39 del Real Decreto 783/2001)

La vigilancia sanitaria de los trabajadores expuestos se basa en los principios generales de la Medicina del Trabajo y en la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, sobre la Prevención de Riesgos Laborales, y Reglamentos que la desarrollan.

Toda persona que vaya a ser clasificada como trabajador expuesto de categoría A deberá ser sometido a un examen de salud previo, que permita comprobar que no se haya incurrido en ninguna de las incompatibilidades que legalmente estén determinadas y decidir su aptitud para el trabajo.

Los trabajadores expuestos de categoría A estarán sometidos, además, a exámenes de salud periódicos que permitan comprobar que siguen siendo aptos para ejercer sus funciones. Estos exámenes se deben realizar cada doce meses y más frecuentemente, si lo hiciera necesario, a criterio médico, el estado de salud del trabajador, sus condiciones de trabajo o los incidentes que puedan ocurrir.

2. TIPOS DE RADIACIONES IONIZANTES

Las radiaciones electromagnéticas son energía que se transmiten en forma de onda o de partícula. A diferencia del ruido o de las vibraciones no necesitan un medio material para propagarse.

Las radiaciones ionizantes son aquellas radiaciones que transportan suficiente energía y capacidad de penetración que al interactuar con la materia alteran su estructura atómica generando partículas que tienen carga eléctrica, es decir, producen la ionización de los átomos. En el caso de que no se tenga esa capacidad, se llaman radiaciones no ionizantes.

En el caso de las radiaciones ionizantes, la transferencia de energía se produce en un volumen muy pequeño del material, y se pueden producir ionizaciones o formación de iones en la materia. Estos iones son partículas que han adquirido carga eléctrica y que tenderán a perderla mediante diversos procesos físicos y químicos.

En función de su naturaleza, las radiaciones ionizantes se pueden clasificar en dos grupos:

- Las **radiaciones corpusculares** (alfa, beta, protones, iones pesados, neutrones, etc.) están constituidas por partículas subatómicas con masa cargadas y no cargadas eléctricamente y que se mueven a velocidades próximas a la de la luz que determina la energía que transportan o pueden transferir.
- Las **radiaciones electromagnéticas** están constituidas por paquetes de onda, que no poseen masa ni carga eléctrica pero que transportan energía o velocidades muy cercanas a la de la luz. Tienen una longitud de onda inferior a los 100 nm, lo que implica una elevada energía del fotón asociado.

Entre los diferentes tipos de **radiación corpuscular ionizante** están:

Radiación α

Son núcleos de helio cargados positivamente. Tienen una energía muy elevada y muy baja capacidad de penetración. Pueden ser absorbidas por una hoja de papel.

Radiación β

Son electrones. Tienen un poder de ionización inferior a las radiaciones α y una capacidad de penetración superior. Son absorbidas por una lámina de metal.

Radiación de neutrones

Es la emisión de partículas sin carga, de alta energía y gran capacidad de penetración. Los neutrones se generan en los reactores nucleares y en los aceleradores de partículas, no existiendo fuentes naturales de radiación de neutrones.

Entre los diferentes tipos de **radiación electromagnética ionizante** están:

Radiación γ

Son radiaciones electromagnéticas procedentes del núcleo del átomo. Tienen menor nivel de energía que las anteriores y una mayor capacidad de penetración, lo que dificulta su absorción por apantallamientos.

Rayos X

También son radiaciones electromagnéticas, pero se originan en los orbitales atómicos. Son las radiaciones de menor energía, pero presentan una gran capacidad de penetración, siendo necesario apantallamiento de grosor elevado.

La radiación ionizante se puede clasificar atendiendo a su origen:

- **Natural:** Siempre ha existido una radiación procedente del sol y los espacios interestelares del universo, denominada **radiación cósmica (la radiación cósmica llamada primaria está formada aproximadamente en su mayoría por protones, y en menor proporción núcleos de helio, núcleos más pesados, así como electrones además de otras partículas)**, o procedente de los elementos radiactivos que existen en la corteza terrestre de nuestro planeta (emitida por las rocas y el suelo...), denominada **radiación terrestre**. Ambas radiaciones dan lugar a una determinada dosis de radiación absorbida por el ser humano, cuyo nivel varía de unos lugares a otros del planeta. También hay una **radiación natural interna** debida a la ingestión o inhalación de radionucleidos procedentes del medioambiente.
- **Artificial:** Son las que generan fuentes médicas (RX de diagnóstico, gammaterapia...), materiales radiactivos que la industria nuclear, los hospitales y los centros de investigación depositan en el medio ambiente de manera controlada, otras fuentes como detectores de humo, pararrayos radioactivos, algunos relojes luminosos, etc.

3. INTERACCIÓN DE LAS RADIACIONES IONIZANTES CON LA MATERIA: IRRADIACIÓN Y CONTAMINACIÓN

Irradiación externa

Se denomina "irradiación" a la transferencia de energía de un material radioactivo a otro material sin que sea necesario un contacto físico entre ambos.

Se dice que hay riesgo de **irradiación externa** cuando por la naturaleza de la radiación y el tipo de práctica, la persona solo está expuesta mientras la fuente de radiación está activa y no puede existir contacto directo con un material radiactivo. Es el caso de los generadores de rayos X, los aceleradores de partículas y la manipulación de fuentes encapsuladas.

Contaminación radiactiva

Se considera contaminación radiactiva a la presencia de materiales radiactivos en cualquier superficie, materia o medio, incluyendo las personas. Es evidente que toda contaminación da origen a una irradiación.

Hay riesgo de contaminación radiactiva cuando puede haber riesgo de contacto con una sustancia radiactiva y esta puede penetrar en el organismo por cualquier vía (respiratoria, dérmica, parenteral o digestiva). Esta es más grave que la irradiación externa ya que la persona sigue estando expuesta a la radiación hasta que se eliminen los radionucleidos por metabolismo o decaiga la actividad radiactiva de los mismos.

4. EFECTOS DE LAS RADIACIONES IONIZANTES

Los efectos biológicos producidos por las radiaciones ionizantes son la respuesta del organismo como consecuencia de la energía absorbida por la interacción con ellas. Esta interacción provoca alteraciones por la ionización de las moléculas constitutivas del organismo. Los daños biológicos más importantes producidos en la célula se deben a la acción sobre las moléculas de ADN, cuyo papel es vital en las diversas funciones celulares.

La radiación puede producir fragmentaciones en las moléculas de ADN, dando lugar a aberraciones cromosómicas e incluso a la muerte celular, o bien puede causar transformaciones en la estructura química de la molécula ocasionando mutaciones que afectan al mensaje genético.

Los efectos biológicos se pueden clasificar según varios criterios:

- Según a quién afecta:
 - Efectos somáticos, si afectan al propio individuo que recibe la radiación.
 - Efectos genéticos, si afectan a los descendientes de la persona radiada.
 - Efectos teratógenos, efectos observables en niños expuestos a la radiación durante su desarrollo embrionario o su vida fetal.
- Según el tiempo transcurrido desde que la persona ha sido irradiada hasta que aparecen los efectos:
 - Efectos inmediatos o prontos, aparecen tras una irradiación intensa y relativamente breve.
 - Efectos retardados o tardíos, aparecen después de 5 años de haber recibido una irradiación.
- En función de la probabilidad de que ocurran:
 - Efectos probabilísticos o estocásticos, son tanto más probables cuanto mayor es la cantidad de radiación recibida, pero cuya gravedad no depende necesariamente de esa cantidad. No posee valor umbral y sus efectos son tardíos (periodo de latencia).
 - Efectos deterministas o no estocásticos, son aquellos que ocurren cuando la radiación supera un determinado valor umbral y cuya gravedad es función de la dosis.

5. MÉTODOS DE DETECCIÓN Y MEDICIÓN DE LAS RADIACIONES IONIZANTES

Los instrumentos de medida pueden ser:

- Detectores de radiación:

El detector de radiación es un instrumento de lectura directa generalmente portátil que indica en la pantalla la dosis de radiación en un periodo de tiempo corto (minuto). Estos instrumentos se basan en alguno de los siguientes fenómenos:

- ✓ Ionización de gases
- ✓ Excitación de luminiscencia
- ✓ Detectores de semiconductor

- Dosímetros:

Los dosímetros están diseñados para medir la dosis de radiación durante periodos de tiempo relativamente largos (meses). Los fenómenos en que se basan los dosímetros son:

- ✓ Cámara de ionización
- ✓ Película fotográfica
- ✓ Termoluminiscencia

6. PROTECCIÓN RADIOLÓGICA: MEDIDAS BÁSICAS DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

En función del tipo de riesgo de exposición, ya sea de irradiación externa o de contaminación radiactiva, deben observarse las denominadas medidas básicas de protección radiológica:

Las medidas necesarias para limitar la exposición de los individuos se pueden tomar mediante la aplicación de acciones en cualquier punto del sistema que vincula las fuentes con los individuos. Tales acciones pueden aplicarse sobre:

- La fuente emisora de radiación ionizante.
- El medioambiente, es decir, los caminos por los que las radiaciones de las fuentes pueden llegar a los individuos.
- Los individuos expuestos.

Las medidas de control sobre la fuente se consideran como medidas prioritarias, mientras que las medidas aplicables al medioambiente y a los individuos son más difíciles de aplicar y, suelen afectar a la operatividad de las instalaciones.

En general, y donde sea posible, se recomienda aplicar en la fuente las medidas de protección y control de la exposición. El control de la exposición al público conviene realizarlo mediante la aplicación de medidas a la fuente y sólo, en el caso de que puedan no ser efectivas, se aplicarán al medio ambiente o a los individuos.

Los riesgos de irradiación a que están sometidos los individuos se reducen aplicando las siguientes medidas generales de protección:

- **Distancia:** aumentando la distancia entre el operador y la fuente de radiaciones ionizantes, la exposición disminuye en la misma proporción en que aumenta el cuadrado de la distancia. En muchos casos bastará con alejarse suficientemente de la fuente de radiación para que las condiciones de trabajo sean aceptables.
- **Tiempo:** disminuyendo el tiempo de exposición todo lo posible, se reducirán las dosis. Es importante que las personas que vayan a realizar operaciones con fuentes de radiación estén bien entrenadas, con el fin de invertir el menor tiempo posible en ellas.
- **Blindaje:** en los casos en que los dos factores anteriores no sean suficientes, será necesario interponer un espesor de material absorbente, blindaje, entre el operador y la fuente de radiación. Según sea la energía y tipo de la radiación, será conveniente utilizar distintos materiales y espesores de blindaje. Por ejemplo: las radiaciones alfa recorren una distancia muy pequeña y son detenidas por una hoja de papel o la piel del cuerpo humano, las radiaciones beta recorren en el aire una distancia de un metro aproximadamente, y son detenidas por unos pocos centímetros de madera o una hoja delgada de metal. Por último, las radiaciones gamma recorren cientos de metros en el aire y son detenidas por una pared gruesa de plomo o cemento.

7. RADIACIÓN NATURAL: RADÓN

Normativa aplicable

El Título VII "Fuentes naturales de radiación" del Reglamento, hace referencia a la exposición de trabajadores y miembros del público a fuentes de radiación natural.

El Real Decreto determina que en aquellas actividades en las que existan fuentes naturales de radiación, se realizarán los estudios necesarios a fin de determinar si existe un incremento significativo de la exposición **a los trabajadores o de los miembros del público** que no pueda considerarse despreciable desde el punto de vista de la protección radiológica.

Entre estas actividades que deben ser objeto de estudio se incluyen las siguientes:

- a) Actividades laborales que estén expuestos a la inhalación de descendientes de **torón o de radón** o a la radiación gamma o a cualquier otra exposición en **lugares de trabajo** tales como **establecimientos termales, cuevas, minas, lugares de trabajo subterráneos o subterráneos en áreas identificadas.**
- b) Actividades laborales que impliquen el **almacenamiento o la manipulación de materiales o de residuos, incluyendo las de generación** de estos últimos, que habitualmente no se consideran radiactivos pero que contengan radionucleidos naturales que provoquen un incremento significativo de la exposición de los trabajadores y, en su caso, de miembros del público.

c) Actividades laborales que impliquen exposición a la radiación cósmica durante la **operación de aeronaves.**

En relación con el último apartado relacionado con la radiación cósmica, las compañías aéreas tendrán que considerar un **programa de protección radiológica** cuando las exposiciones a la radiación cósmica del personal de tripulación de aviones puedan resultar en una dosis superior a 1 mSv por año oficial, este programa contemplará en particular:

- Evaluación de la exposición del personal implicado.
- Organización de los planes de trabajo a fin de reducir la exposición en el caso del personal de tripulación más expuesto.
- Información a los trabajadores implicados sobre los riesgos radiológicos asociados a su trabajo.
- Aplicación del artículo 10 al personal femenino de tripulación aérea.

Radón en los lugares del trabajo

De todas las fuentes naturales de radiación, la más importante es la que proviene de las emanaciones naturales de radón, siendo también la más controlable, pudiéndose evaluar los posibles riesgos derivados de la inhalación de radón y sus descendientes.

El radón es un gas radiactivo de origen natural; se produce por la descomposición del uranio-238 que a su vez se desintegra en el radio-226 y éste en el radón-222, acabando en un isótopo estable del plomo tras producir una serie de elementos radiactivos. Esto tiene lugar en el seno de la corteza terrestre por ser el uranio-238 un elemento presente en pequeñas cantidades en muchos tipos de rocas, suelos y materiales. De estos materiales el gas radón emigra hacia la atmósfera y, una vez en esta, se dispersa y se desintegra en sus descendientes (también radiactivos), que se adhieren a las partículas que están siempre presentes en el aire (aerosol atmosférico).

Como el uranio está presente, en mayor o menor medida, en todas las rocas y suelos, las primeras pistas para detectar la presencia de radón se obtienen a partir de la carta geológica del terreno donde esté ubicada la edificación y en el tipo de materiales empleados en su construcción.

A pesar de que el suelo es la principal fuente de entrada de radón en las viviendas y los lugares de trabajo, no se debe olvidar que, en los últimos años, se ha visto un incremento de materiales industriales, denominados de desecho, procedentes de cenizas de centrales térmicas, de acerías o de la industria de los fertilizantes, que contienen una cantidad de radio particularmente alta y, en consecuencia, son fuentes potenciales de radón.

Cuando se forma el radón, a partir del radio, los átomos gaseosos tenderán a abandonar la estructura sólida en la que se han formado a través de cualquier grieta o poro hasta alcanzar el aire exterior. Durante este tránsito, el radón buscará el camino que le sea más favorable y es aquí donde entran en juego los mecanismos de penetración: la difusión y la convección.

El radón penetra en los edificios a través del terreno por lo que tenderá a concentrarse en los sótanos, especialmente, si carecen de una buena ventilación. Desde las partes bajas, el gas se desplazará hacia las más elevadas y, en ese camino, irá diluyéndose paulatinamente en el aire.

La concentración de radón en interiores dependerá además de variables como:

- La ventilación del edificio.
- La diferencia de temperatura entre el exterior y el interior.
- La época del año.
- La presión atmosférica.

Todos estos factores hacen que la concentración de radón en los interiores tenga una oscilación muy elevada tanto a lo largo del día como a lo largo del año. Por ejemplo: la concentración alcanza su máximo a primera hora de la mañana y, por término medio, en invierno es 1,5 veces superior a la de verano.

La toxicidad del radón es debida a su radiactividad, ya que es un emisor de partículas α (núcleos de Helio) que producen ionizaciones en el seno de la materia celular. Según la OMS, el radón es la segunda causa de cáncer de pulmón después del tabaco y la primera si solo se considera a los no fumadores. La probabilidad de que este gas provoque cáncer de pulmón es mayor en fumadores y, de hecho, se ha calculado que el riesgo asociado al radón de una persona fumadora es 25 veces superior al de otra que no lo es.

Como consecuencia de todo esto, el radón se ha convertido en un problema de salud tanto pública como laboral y la legislación, siguiendo las recomendaciones de la OMS, se ha ido endureciendo en los últimos tiempos, bajando los niveles máximos permitidos, especialmente en lugares cerrados como viviendas y lugares de trabajo.

En el año 2013, se publicó la Directiva 2013/59/EURATOM que regula la exposición a radiaciones ionizantes tanto en el ámbito laboral como en el poblacional e incorpora, de forma expresa, novedades importantes relacionadas con el radón y actualmente está siendo traspuesta a la normativa nacional.

La principal de estas novedades consiste en la elaboración de un "Plan Nacional frente al Radón" que incluya, entre otras medidas, la reducción a la mitad del valor de referencia para el promedio anual de la concentración de radón en lugares de trabajo. Esto es, de 600 Bq/m³ a 300 Bq/m³.

La Directiva 2013/59/EURATOM mandata a los Estados miembros a impulsar planes nacionales para abordar, de manera integral, la problemática del radón. Estos planes incluyen, entre otras, acciones de sensibilización, programas de financiación para campañas de medición, para la rehabilitación de edificios y para la identificación de las zonas en las que, por su orografía, existe mayor riesgo potencial de exposición al radón.

Para facilitar este último punto, el CSN —en base a mediciones— ha elaborado un mapa donde se han identificado las localidades con probabilidad significativa de que los edificios allí construidos presenten concentraciones de radón superiores al nivel de referencia establecido (300 Bq/m³) y que, por tanto, constituyen zonas de actuación prioritaria.

Además, la normativa europea indica que se deberán identificar los tipos de lugares de trabajo (por ejemplo: escuelas, centros sociales, etc.) y edificios con acceso público en los que será necesario realizar mediciones. Por ello, tras la transposición de la directiva, el CSN emitirá una Instrucción con

un listado de términos municipales en los que será obligatoria la realización de medidas para todos los lugares de trabajo situados en la planta baja o en plantas bajo rasante.

Dicha directiva ya ha sido parcialmente transpuesta, en lo referente a la **parte sanitaria**, al control y recuperación de las **fuentes radiactivas huérfanas**, a la información en caso de emergencia nuclear o radiológica y a algunos aspectos relacionados con la **nueva construcción de viviendas**. Concretamente por:

- Real Decreto 586/2020, de 23 de junio, relativo a la información obligatoria en caso de emergencia nuclear o radiológica.
- Real Decreto 451/2020, de 10 de marzo, sobre control y recuperación de las fuentes radiactivas huérfanas.
- Real Decreto 732/2019, de 20 de diciembre, por el que se modifica el Código Técnico de la Edificación, aprobado por el Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo.
- Real Decreto 601/2019, de 18 de octubre, sobre justificación y optimización del uso de las radiaciones ionizantes para la protección radiológica de las personas con ocasión de exposiciones médicas.

Particularmente destacables son las novedades introducidas en el Código Técnico de la Edificación (CTE). En concreto, se crea una nueva sección denominada DB-HS6, dentro de los documentos básicos de salubridad, **donde se establecen medidas para limitar la penetración del radón en los edificios cuando se supere el nivel de referencia de 300 Bq/m³**. Estas medidas se aplicarán en obras nuevas y en intervenciones en edificios existentes, como ampliaciones, cambios de uso o reformas.

Sin embargo, algunos aspectos relevantes de la directiva europea quedan aún pendientes de transposición a nuestro ordenamiento jurídico.

Cómo evaluar el radón en los lugares de trabajo

En la actualidad, la exposición al radón en los lugares de trabajo está regulada en el Título VII del Reglamento de Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes (Real Decreto 783/2001) y en la Instrucción IS-33 del CSN sobre criterios radiológicos para la protección frente a la exposición a la radiación natural.

No obstante, no en todos los lugares de trabajo es obligatorio llevar a cabo mediciones de radón, ya que la IS-33 del CSN establece que solo están obligados a declarar su actividad y a llevar a cabo mediciones de radón los titulares de las actividades laborales que se desarrollen en:

1. Lugares de trabajo subterráneos como cuevas, galerías y minas.
2. Establecimientos termales.
3. Instalaciones donde se almacenen y traten aguas de origen subterráneo.
4. Lugares de trabajo, subterráneos o no subterráneos, en áreas identificadas por sus valores elevados de radón.

Actualmente, solo en las situaciones 1–3 es obligatorio llevar a cabo mediciones de radón, puesto que las "áreas identificadas" a las que se refiere el punto 4 no han sido definidas con carácter reglamentario.

El CSN ha publicado una Guía de Seguridad en la que se especifica cómo deben llevarse a cabo los estudios que requiere el Título VII del Reglamento de Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes

El valor de referencia para el promedio anual de la concentración de radón en lugares de trabajo es de 600 Bq/m³ (Instrucción IS-33 del CSN). La superación de este nivel (a comparar con el promedio anual de la concentración de radón en el lugar de trabajo) conlleva:

- En primer lugar, siempre que sea razonablemente posible (atendiendo a consideraciones técnicas y económicas), ejecutar medidas de remedio con el objetivo de reducir las concentraciones de radón.
- Si no puede reducirse la concentración de radón a niveles inferiores al de referencia, adoptar las medidas de protección radiológica que se establecen en el capítulo quinto de la instrucción IS-33.

Tras la aprobación de la revisión del Reglamento de Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes (mediante el cual se transpondrá parcialmente en nuestro país la Directiva 2013/59/EURATOM), el CSN emitirá una Instrucción con un listado de términos municipales en los que será obligatoria la realización de medidas para todos los lugares de trabajo situados en la planta baja o en plantas bajo rasante.

Mientras tanto, ante la sospecha de la presencia de radón en un centro de trabajo, se deberá realizar un estudio tal y como se especifica en la Guía de Seguridad 11.4. Metodología para la evaluación de la exposición al radón en los lugares de trabajo, elaborada por el CSN.