

Radiaciones ionizantes

Radiaciones que transportan energía suficiente como para penetrar en la materia y arrancar los átomos que la constituyen (ionización) produciendo iones (moléculas cargadas eléctricamente), de forma que pueden originar un efecto adverso para su salud.

- ◆ **Definiciones**
- ◆ **Efectos sobre la salud**
- ◆ **Medidas preventivas básicas**
- ◆ **Fuentes de radiación**
- ◆ **Licencias y obligaciones**
- ◆ **Instalaciones y Equipos exentos de considerarse instalación radiactiva**
- ◆ **Normativa**
- ◆ **FAQ's**

Definiciones

Los conceptos básicos de higiene industrial sobre radiaciones:

- **Nucleido:** el átomo con un número definido de protones y neutrones.

- **Isótopo:** son átomos de un mismo elemento, que difieren en su masa atómica debido a que contienen diferente cantidad de neutrones en su núcleo.

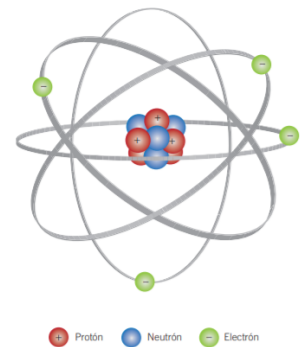
- **Radionucleidos:** nucleidos inestables que tienden a pasar a su estado fundamental mediante la emisión de radiación.

- **Radioactividad:** fenómenos físico natural por el cual los elementos químicos radioactivos (radionucleidos) emiten radiación.

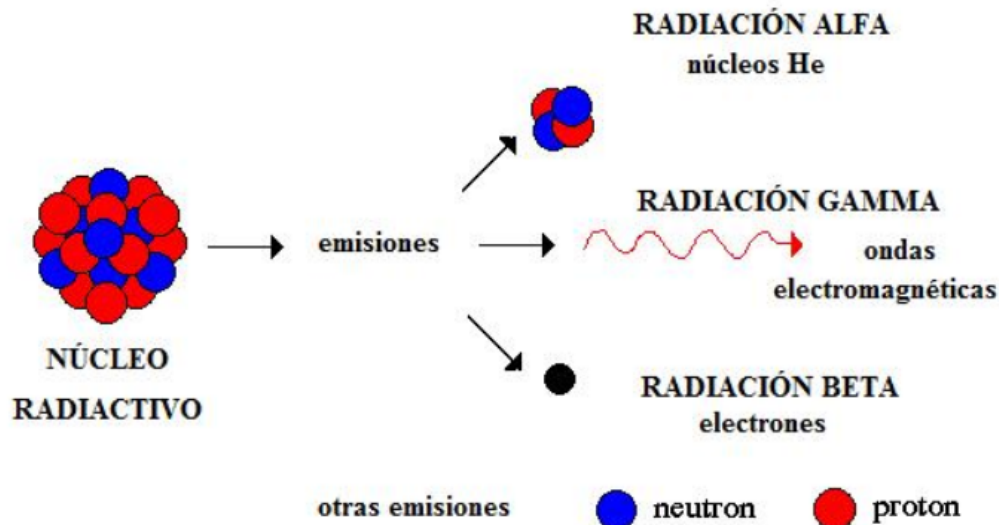
- **Radiación:** propagación de energía en forma de ondas electromagnéticas o partículas subatómicas a través del vacío o de un medio material.

- **Radiación electromagnética:** radiación propagada en forma de ondas electromagnéticas (Rayos UV, Rayos Gamma, etc.)

- **Radiación corpuscular:** radiación transmitida en forma de partículas subatómicas (partículas α , neutrones, etc.) que se mueven a gran velocidad con apreciable transporte de energía (Rayos X).



Estructura del átomo.

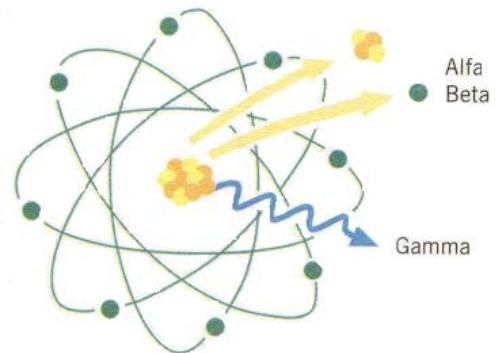


- **Radiación ionizante:** Transferencia de energía en forma de partículas u ondas electromagnéticas de una longitud de onda igual o inferior a 100 nm o una frecuencia igual o superior a 3×10^{15} hertzios, capaces de producir iones directa o indirectamente. Radiaciones que transportan energía suficiente como para penetrar en la materia y arrancar los átomos que la constituyen (ionización) produciendo iones (moléculas cargadas eléctricamente). Las radiaciones ionizantes puede provenir de sustancias radioactivas que emiten dichas radiaciones de forma espontánea, o de generadores artificiales, tales como los generadores de Rayos X y los aceleradores de partículas.

• **Rayos X:** radiación electromagnética de la órbita electrónica producida por desaceleración de electrones. Su energía está entre la de la radiación UV y los rayos γ .

• **Equipo de Rayos X:** son equipos eléctricos que comprenden un generador de tensión y uno o más tubos de Rayos X. Cuando están destinados a diagnóstico en seres humanos tienen la consideración de productos sanitarios activos.

• **Desintegración α :** se trata de partículas cargadas positivamente. Debido a su elevada energía es altamente ionizante, pero tiene un poder de penetración muy pequeño. Una simple hoja de papel puede detenerla. Riesgo de radiación pequeño.



• **Desintegración β :** está formada por electrones (carga negativa). Tiene un poder de ionización menor que las α pero capacidad de penetración mayor. Los blindajes usados conviene que sean de número atómico bajos (plásticos o madera).

• **Radiación γ :** son ondas electromagnéticas de origen nuclear y carecen de carga eléctrica. Debido a su pequeña longitud de onda puede penetrar a través de espesores considerables de materia. Un blindaje de plomo es adecuado.

• **Consejo de Seguridad Nuclear (CSN):** organismo independiente del Gobierno y dependiente del Parlamento que ostenta la competencia máxima de vigilancia y control de todo tipo de radiaciones ionizantes.

• **Instalación nuclear:** las fábricas o instalaciones que utilicen combustibles nucleares o realicen el tratamiento de sustancias o residuos nucleares y los almacenamientos de sustancias nucleares.

• **Instalación radiactiva:** aquella que contiene una fuente de radiación ionizante, los aparatos generadores de radiaciones ionizantes que funcionen a una diferencia de potencial superior a 5 kV y los locales, laboratorios, fábricas, etc. donde se produzcan, manipulen o almacenen materiales radiactivos.

• **Instalaciones radiactivas del ciclo del combustible nuclear:** las siguientes instalaciones: Las fábricas de producción de uranio, torio y sus compuestos, y las fábricas de producción de elementos combustibles de uranio natural.

• **Fuente encapsulada/no encapsulada:** Una fuente encapsulada es aquella constituida por sustancias radiactivas firmemente incorporadas en materias sólidas y efectivamente inactivas, o encerradas en una envoltura inactiva que presenta una resistencia suficiente para evitar cualquier dispersión de dichas sustancias radiactivas, en las condiciones normales de uso. Cuando una fuente contiene material radiactivo sin que se den estas restricciones, es decir cuya presentación y condiciones de empleo no permiten prevenir cualquier dispersión de la sustancia radiactiva que contiene, se habla de fuente no encapsulada.

• **Sievert (Sv):** unidad de medida de la dosis de radiación absorbida por la materia viva, corregida por los posibles efectos biológicos producidos. 1 Sv

es equivalente a un julio por kilogramo (J Kg^{-1}). Esta unidad da un valor numérico con el que se pueden cuantificar los efectos estocásticos producidos por las radiaciones ionizantes.

• **Actividad:** Es una magnitud que caracteriza las fuentes origen de radiación ionizante. La actividad de determinada muestra será el número de desintegraciones por segundo que se producen en dicha muestra. Por lo tanto esta magnitud está directamente relacionada con el número de partículas que son emitidas.

$$A = dN/dt$$

La unidad es el Becquerel (Bq) $1 \text{ Bq} = 1\text{s}^{-1}$

Otra unidad de actividad, utilizada con frecuencia para caracterizar fuentes radiactivas, es el Curie (Ci)

$$1\text{Ci} = 3,7 \cdot 10^{10}\text{Bq}$$

La actividad de una muestra radiactiva es un parámetro determinante de su grado de peligrosidad. La clasificación de residuos, fuentes, etc. viene establecida fundamentalmente por su actividad, además de por la naturaleza del isótopo que contiene.

• **Dosis absorbida:** Esta magnitud se utiliza para valorar la energía absorbida por un material de masa m , a causa de la radiación ionizante.

Se define como el cociente entre la energía media (dE) impartida por la radiación en un material con una determinada masa (dm).

$$D = dm/dE$$

La unidad de medida en el sistema internacional es el Gray (Gy)

$$1\text{Gy} = 1\text{J/kg}$$

• **Dosis equivalente:** Se ha comprobado que el efecto biológico de la radiación sobre un tejido orgánico no viene solamente determinado por la dosis absorbida, además intervienen otros factores tales como la naturaleza de la radiación.

La magnitud que tiene en cuenta los anteriores conceptos se denomina dosis equivalente y se define como:

$$H = w_R D$$

Dónde H es la dosis equivalente, D es la dosis absorbida promediada en el órgano o tejido procedente de la radiación R y w_R es el factor de calidad de ponderación de la radiación, una constante adimensional que pondera cualquier dosis absorbida de acuerdo a la efectividad biológica que produce la radiación.

La unidad de medida de la dosis equivalente en el sistema internacional es el Sievert (Sv). Frecuentemente se utiliza un submúltiplo de dicha unidad, el mSv. Otra unidad utilizada antiguamente en Europa y que todavía persiste en EE.UU. es el rem. $1 \text{ Sv} = 1000\text{mSv} = 100 \text{ rems}$

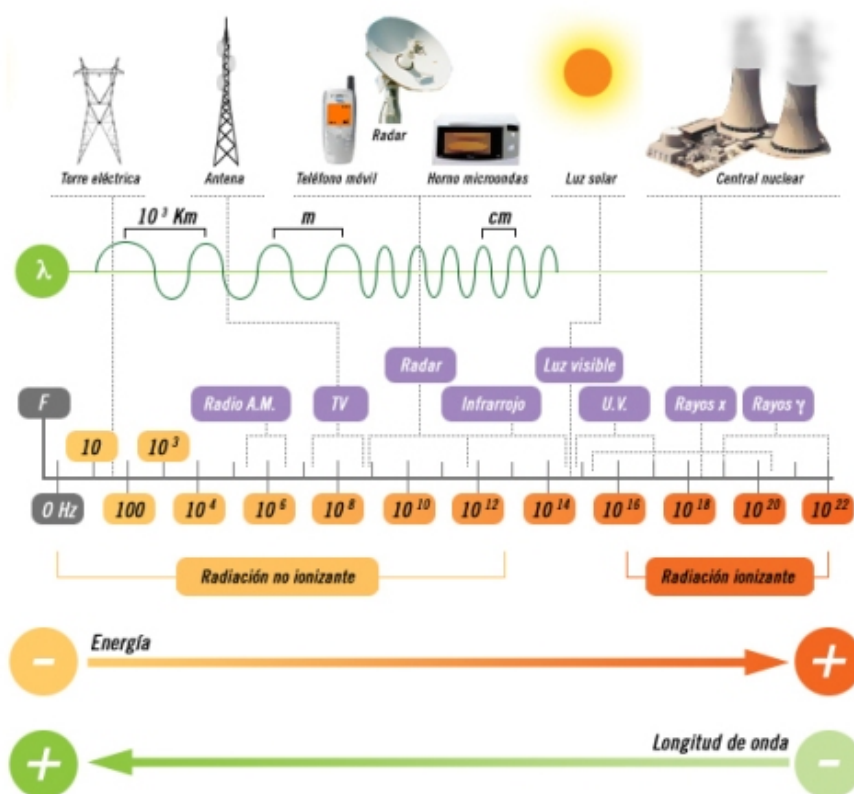
• **Dosis efectiva:** Debido a que cada órgano presenta una susceptibilidad característica a las radiaciones ionizantes, se realiza una suma ponderada de las dosis equivalentes en todos los tejidos u órganos del cuerpo. El factor de ponderación (w_T) para cada órgano da cuenta de la radiosensibilidad de éste.

$$E = \sum_T w_T H$$

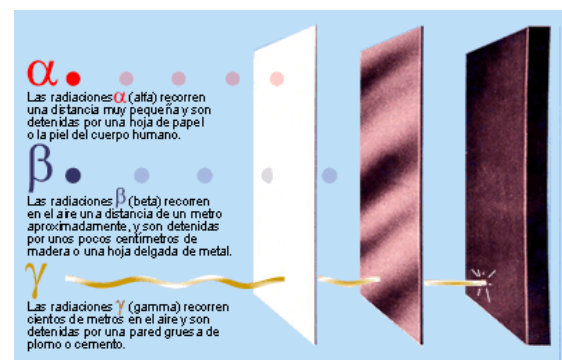
La unidad de medida de la dosis efectiva en el sistema internacional es el Sievert (Sv). Frecuentemente se utiliza un submúltiplo de dicha unidad, el mSv.

• **Espectro de frecuencias:** Se denomina espectro electromagnético a la distribución energética del conjunto de las ondas electromagnéticas. Para su estudio, el espectro electromagnético se divide en bandas. Existen ondas que tienen una frecuencia pero varios usos, por lo que algunas frecuencias pueden quedar en ocasiones incluidas en dos rangos. El espectro electromagnético se extiende desde la radiación de menor longitud de onda, como los rayos gamma y los rayos X, hasta las de mayor longitud de onda, como son las ondas de radio.

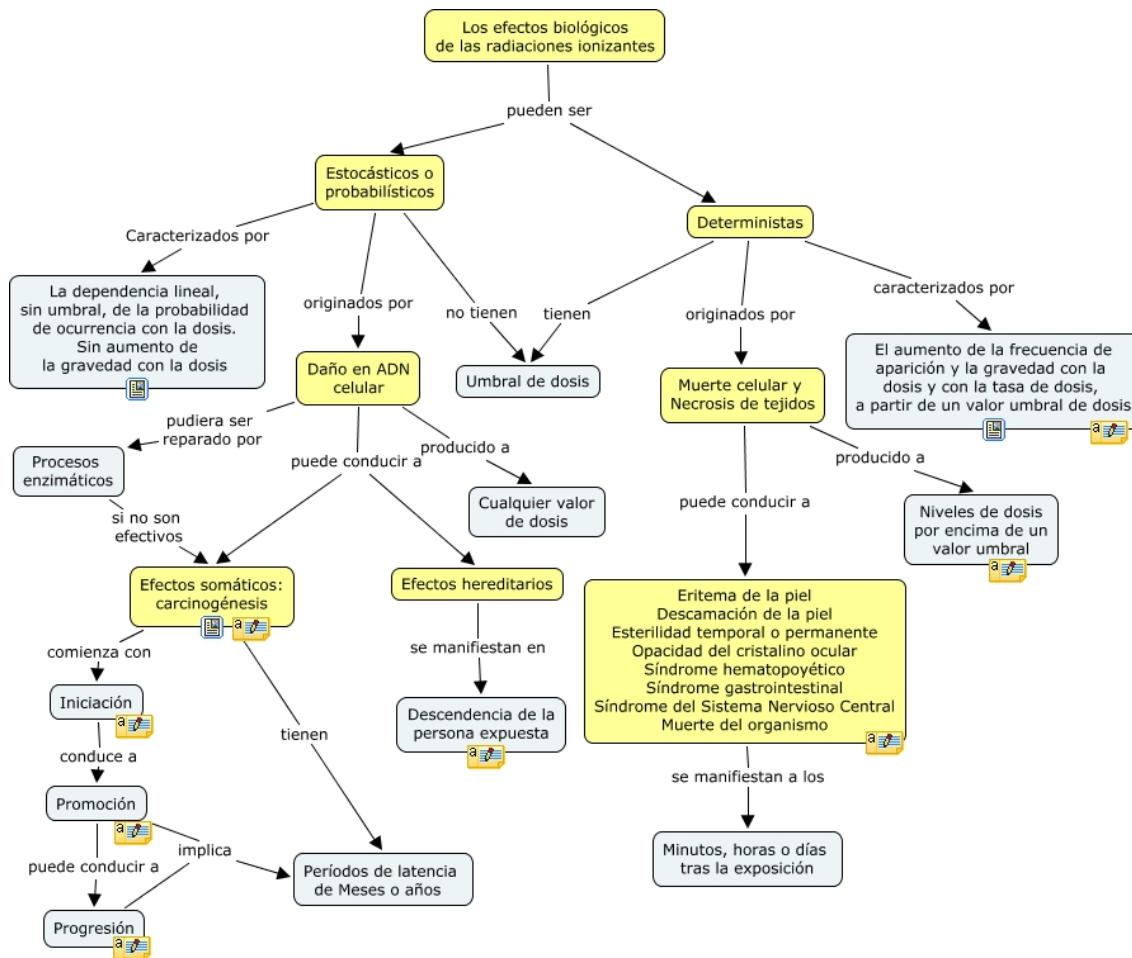
El espectro de frecuencias.



• **Blindajes:** se conoce por "Blindaje" a todo objeto que se interpone entre una fuente radiactiva y un individuo con el fin de rebajar convenientemente las tasas de dosis absorbida recibidas por éste. El blindaje produce absorción y dispersión de las radiaciones y, por tanto, una atenuación de las mismas. Dependiendo del tipo de fuente radiactiva y de su forma de utilización existen blindajes con muchas formas geométricas, materiales constitutivos y tamaños. Desde un pequeño contenedor de mano para trasladar una ampolla con un radiofármaco, hasta un edificio completo para albergar un acelerador con todas sus dependencias, pasando por las paredes de una instalación de radiodiagnóstico. El blindaje dependerá del tipo de partículas o radiaciones, su energía y la actividad de la fuente.



Efectos sobre la salud



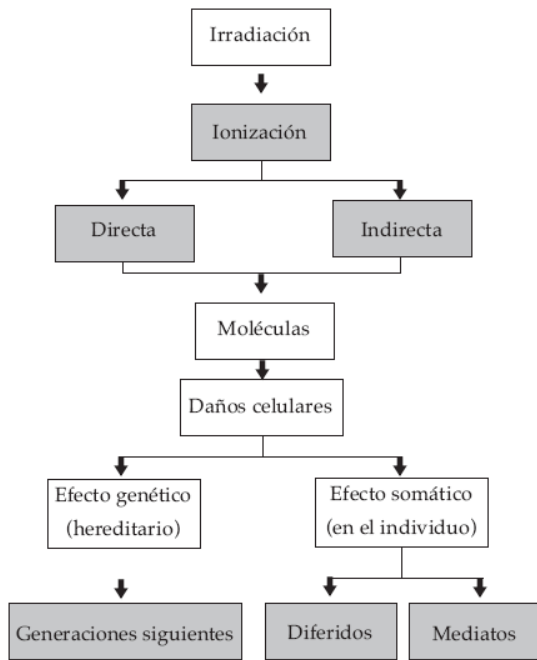
Tipos de efectos

Los efectos de la radiación abarcan una amplia variedad de reacciones, que varían de modo notable en sus relaciones dosis-respuesta, manifestaciones clínicas, cronología y pronóstico. Se dividen en dos grupos:

1. Efectos heredables, que se manifiestan en los descendientes de los individuos expuestos.

2. Efectos somáticos, que se manifiestan en los propios individuos expuestos. En estos últimos se incluyen los efectos agudos, que aparecen relativamente pronto después de la irradiación, así como los efectos tardíos (o crónicos), como el cáncer, que puede no aparecer hasta que han transcurrido meses, años o decenios. Los agudos, únicamente pueden inducirse por dosis lo bastante grandes.





RADIACIONES IONIZANTES		
Tipo	Ejemplo	Órgano diana
Radiación α	Acetato de uranilo	Todo el cuerpo
Radiación β	P-32	Hueso
	P-33	Retina
	H-3	Todo el cuerpo
	C-14	Todo el cuerpo
	Ca-45	Hueso Piel
	S-35	Testículos
Radiación γ	I-125	Tiroides
	I-131	
	Cr-51	Todo el cuerpo
	Rb-86	Páncreas Hígado
Radiación X	Equipos generadores de rayos X (difractómetros, irradiadores, ...)	Todo el cuerpo
	Radiación de frenado de emisores β de alta energía	Todo el cuerpo
Radiación de neutrones	Reactores nucleares	Todo el cuerpo

Efectos de la radiación

Los efectos ESTOCÁSTICOS son aquellos que dependen de la dosis recibida y del tiempo de exposición. No tienen una dosis umbral para manifestarse. Pueden ocurrir o no ocurrir; no hay un estado intermedio. La inducción de un cáncer en particular es un efecto estocástico. Su probabilidad de ocurrir depende de la dosis recibida; sin embargo, no se puede asegurar que el cáncer se presente, menos aún determinar una dosis. La protección radiológica trata de limitar en lo posible los efectos estocásticos, manteniendo las dosis lo más bajas posible.

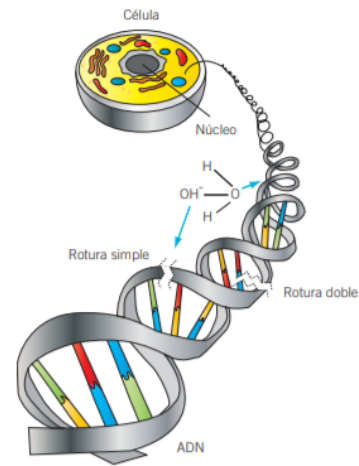
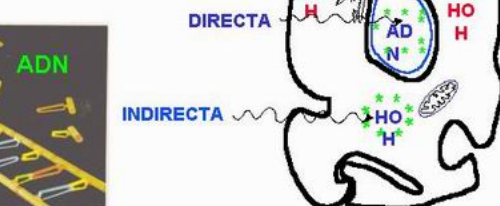
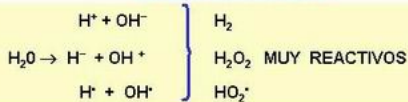
En los efectos NO ESTOCÁSTICOS la severidad aumenta con la dosis, y se produce a partir de una dosis umbral. Para dosis pequeñas no habrá efectos clínicamente detectables. Al incrementar la dosis se llega a niveles en que empiezan a evidenciarse, hasta llegar a situaciones de gravedad. Para estos casos la protección consiste en prevenir los efectos, no excediendo los umbrales definidos en cada caso. Las quemaduras caen en esta categoría.



RADIACIONES IONIZANTES

EFECTOS BIOLÓGICOS DE LAS RADIACIONES IONIZANTES

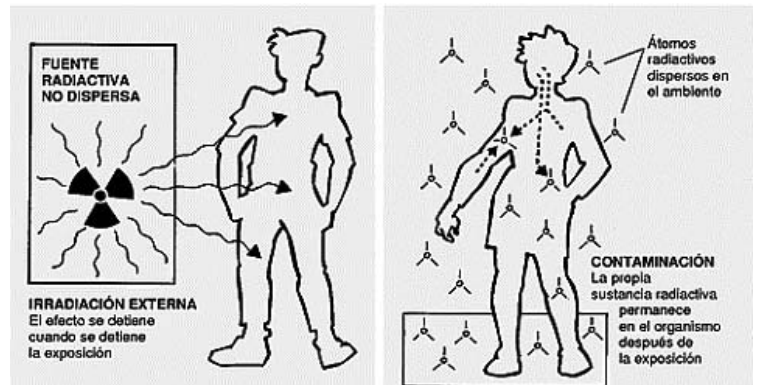
RADIÓLISIS DEL AGUA



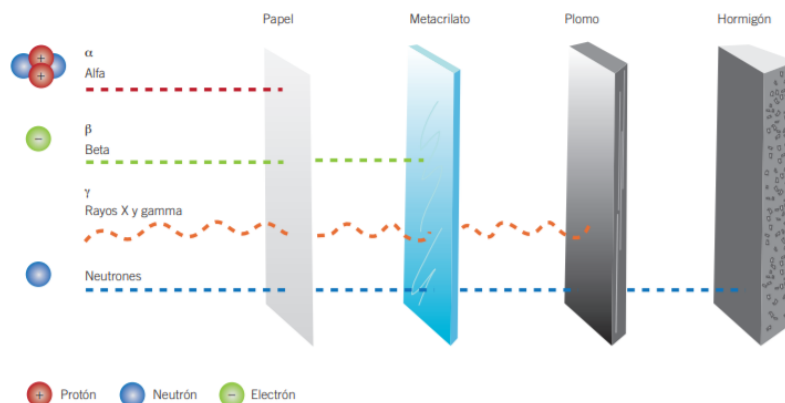
Cadena de ADN.

Medidas preventivas básicas

Las medidas básicas de protección radiológica están en función de que haya riesgo de irradiación externa (no hay contacto con la fuente radiactiva) o de contaminación radiactiva (puede haber contacto con la fuente).



1. Las normas de protección contra la irradiación externa incluyen: limitación del tiempo de exposición, apantallamiento o utilización de blindajes, distancia a la fuente radiactiva, protección de las estructuras, instalaciones y zonas de trabajo, protección del personal y procedimientos de trabajo, gestión de residuos y Plan de emergencia.



Tipos de radiaciones ionizantes.

Capacidad de penetración en la materia de los distintos tipos de radiación.

En este caso, en el que no hay un contacto directo con la fuente, las medidas de protección consisten en:

- Limitar el tiempo de exposición.
- Aumentar la distancia a la fuente, ya que la dosis disminuye de manera inversamente proporcional al cuadrado de la distancia.
- Apantallamiento de los equipos y la instalación.

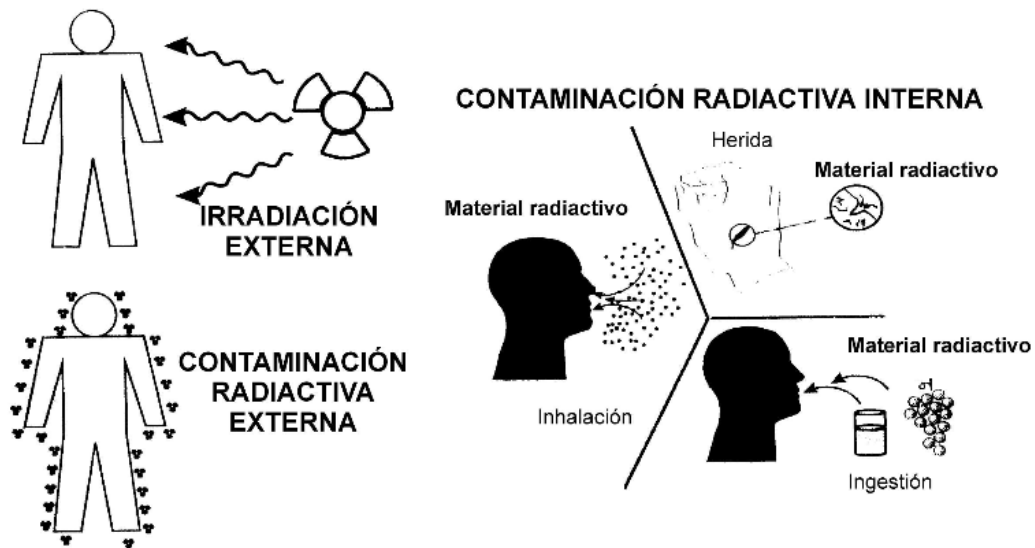
2. Cuando hay riesgo de contaminación radiactiva (partículas de materiales radiactivos depositadas o incorporadas en objetos o materiales), las medidas de protección tienen por objeto evitar el contacto con la fuente e impedir la dispersión de la misma.

Como norma general, el personal que trabaja con fuentes radiactivas no encapsuladas (radionucléidos) debe conocer de antemano el plan de trabajo, los procedimientos y las personas que van a efectuar las distintas operaciones.

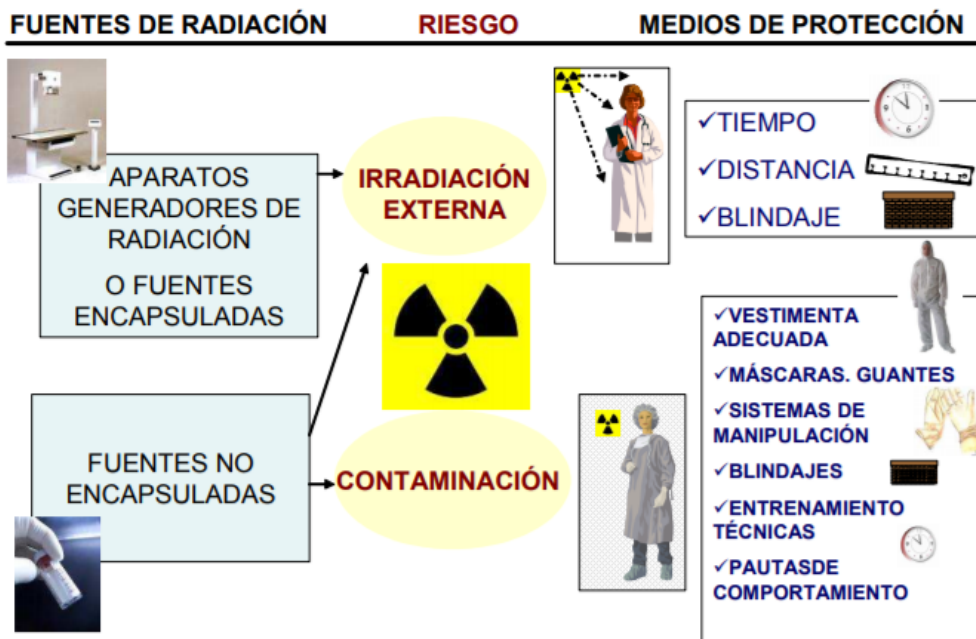
El plan de trabajo debe contener información sobre:

- Medidas preventivas que deben tomarse.
- Procedimientos de descontaminación.
- Gestión de residuos radiactivos.
- Actuación en caso de accidente o incidente.
- El plan de emergencia.

Las medidas específicas de protección contra la contaminación radiactiva dependen de la radiotoxicidad y actividad de los radionucleidos y se establecen actuando, tanto sobre las estructuras, instalaciones y zonas de trabajo, como sobre el personal, mediante la adopción de métodos de trabajo seguros y, si es necesario, el empleo de equipos de protección individual adecuados.



Tipos de riesgos de exposición a las radiaciones ionizantes



Las **medidas preventivas** limitadas al entorno laboral, se encuentran recogidas en el RD 783/2001 y consisten fundamentalmente en:

1. Limitación de la dosis: Los valores vigentes en España están recogidos en el RD 783/2001.

DOSIS EFECTIVA ⁽¹⁾	Personas profesionalmente expuestas	Trabajadores	100 mSv/5 años oficiales consecutivos (máximo: 50 mSv/cualquier año oficial) ⁽²⁾	
		Aprendices y estudiantes (entre 16 y 18 años) ⁽³⁾	6 mSv/año oficial	
	Personas profesionalmente no expuestas	Público, aprendices y estudiantes (menores de 16 años) ⁽⁴⁾	1 mSv/año oficial	
DOSIS EQUIVALENTE	Personas profesionalmente expuestas	Trabajadores		
		Cristalino	150 mSv/año oficial	
		Piel ⁽⁵⁾	500 mSv/año oficial	
		Manos, antebrazos, pies y tobillos	500 mSv/año oficial	
		Aprendices y estudiantes (entre 16 y 18 años)		
		Cristalino	50 mSv/año oficial	
		Piel ⁽⁵⁾	150 mSv/año oficial	
		Manos, antebrazos, pies y tobillos	150 mSv/año oficial	
		Personas profesionalmente no expuestas	Público, aprendices y estudiantes (menores de 16 años)	
			Cristalino	15 mSv/año oficial
Piel ⁽⁵⁾	50 mSv/año oficial			
CASOS ESPECIALES	Embarazadas (feto)	Debe ser improbable superar	1 mSv/embarazo	
	Lactantes	No debe haber riesgo de contaminación radiactiva corporal		
EXPOSICIONES ESPECIALMENTE AUTORIZADAS	Sólo trabajadores profesionalmente expuestos de categoría A: en casos excepcionales las autoridades competentes pueden autorizar exposiciones individuales superiores a los límites establecidos, siempre que sea con limitación de tiempo y en zonas delimitadas.			

(1) Dosis efectiva: suma de las dosis equivalentes ponderadas en todos los tejidos y órganos del cuerpo procedentes de irradiaciones internas y externas.

(2) 10 mSv = 1 rem

(3) Sólo en caso de aprendices y estudiantes que por sus estudios estén obligados a utilizar fuentes radiactivas. En ningún caso se podrán asignar tareas a los menores de 18 años, que pudieran convertirlos en trabajadores expuestos

(4) Excepcionalmente se podrá superar este valor, siempre que el promedio durante 5 años consecutivos no sobrepase 1 mSv por año.

(5) Calculando el promedio en cualquier superficie cutánea de 1 cm², independientemente de la superficie expuesta.

2. Formación e información a los trabajadores: Los trabajadores profesionalmente expuestos y todas aquellas personas que ocasionalmente puedan estarlo, deben recibir una formación adecuada 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. Consultar capítulo licencias de operador o supervisor.

3. Delimitación y señalización de las zonas: El titular de la centro donde se manipulen o almacenen materiales radiactivos o existan generadores de radiaciones debe clasificar los lugares de trabajo en:

- Zona controlada: en las que existe la posibilidad de recibir dosis superiores a 6mSv/año o una dosis equivalente superior a 3/10 de los límites de dosis equivalentes para el cristalino, la piel y las extremidades. Se dividen a su vez en:



- Zona de permanencia limitada: existe riesgo de recibir una dosis superior a los límites de dosis para los trabajadores expuestos (500 mSv/año ó 100mSv/5años, 150mSv/año para cristalino y 500mSv/año para piel y para manos, antebrazos, pies y tobillos).



- Zona de permanencia reglamentada: existe el riesgo de recibir en cortos periodos de tiempo una dosis superior a los límites de dosis para trabajadores expuestos.



- Zona de acceso prohibido: aquellas en las que existe riesgo de recibir en una exposición única dosis superiores a los límites de los trabajadores expuestos.



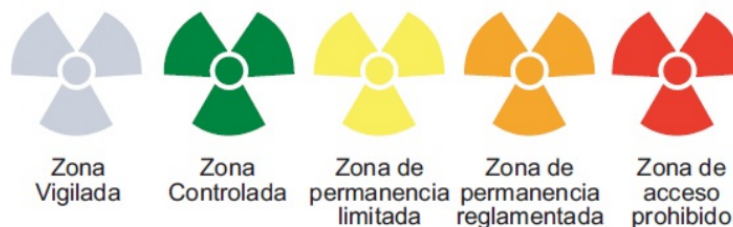
- Zona vigilada: no siendo controladas, existe la posibilidad de recibir dosis efectivas superiores a 1mSv/año o una dosis equivalente

superior a 1/10 de los límites de dosis equivalentes para el cristalino, la piel y las extremidades.



El acceso a estas zonas debe estar perfectamente señalizado de forma que únicamente pueda acceder a ellas el personal estrictamente necesario y con los conocimientos adecuados.

La señalización por zonas es un medio para proteger a las personas, ya que indica el riesgo a que se someten al entrar en una determinada área.



CLASIFICACIÓN DE ZONAS CON RIESGO RADIOLÓGICO		
Clasificación	Dosis anual	Señalización
Zona Vigilada	Límites público < <i>Dosis anual</i> < 6 mSv/año y < 3/10 de los límites del TE para cristalino, piel y extremidades	Trébol Gris azulado
Zona Controlada	6 mSv/año y < 3/10 de los límites del TE para cristalino, piel y extremidades < <i>Dosis anual</i> < Límites del TE	Trébol verde
Zona de Permanencia Limitada	> Límites del TE trabajando en la zona todo el año	Trébol amarillo
Zona de Permanencia Reglamentada	> Límites del TE en unas cuantas entradas a la zona	Trébol naranja
Zona de Acceso Prohibido	> Límites del TE con una única entrada en la zona	Trébol rojo

4. Definición de los trabajadores expuestos: Los trabajadores se consideran expuestos cuando puedan recibir dosis superiores a 1 mSv por año oficial. Se pueden clasificar en:

- Categoría A- personas que pueden recibir una dosis superior a 6mSv/año o una dosis equivalente superior a 3/10 de los límites de dosis equivalentes para el cristalino, la piel y las extremidades
- Categoría B- personas que es muy improbable que reciban dosis superiores a 6mSv/año o una dosis equivalente superior a 3/10 de los límites de dosis equivalentes para el cristalino, la piel y las extremidades.

CLASIFICACIÓN DE TRABAJADORES EXPUESTOS			
Trabajador Expuesto	Dosis Efectiva anual (mSv)	Dosis Equivalente anual en cristalino (mSv)	Dosis Equivalente anual en piel y extremidades (mSv)
Categoría A	> 6 mSv	> 45	> 150
Categoría B	< 6 mSv	< 45	< 150

5. Vigilancia individual (vigilancia sanitaria): Es obligatoria para todos los trabajadores expuestos de categoría A la medición de las dosis recibidas mediante dosímetro individual (mensualmente), y en las zonas controladas las dosimetrías de área con una periodicidad anual. Debe ser realizada por entidades expresamente autorizadas y supervisadas por el CSN. Es obligatorio registrar y conservar las dosis recibidas durante la vida laboral de los trabajadores profesionalmente expuestos (historial dosimétrico). Los historiales deben guardarse al menos 30 años a partir de la fecha de cese del trabajador.

Todo el personal profesionalmente expuesto de categoría A está obligado a someterse a una vigilancia sanitaria específica con una periodicidad anual. El historial médico debe archivararse durante 30 años desde la fecha de cese.

Las medidas concretas dependerán del tipo de elementos radiactivos utilizados y del trabajo a realizar con ellos.

6. Uso de Equipos de protección individual

Los equipos individuales de protección para trabajar con radiaciones ionizantes llevan una protección de plomo. Van desde el delantal plomado (órganos vitales), el protector de tiroides, el protector de genitales, los guantes, manoplas, y gafas.



Fuentes de radiación

Fuente ASEPEYO "Seguridad y salud frente a las Radiaciones ionizantes", noviembre 2017 y NTP INSS 728 Exposición laboral a radiación natural.

https://prevencion.asepeyo.es/wp-content/uploads/R1E17087-Gu%C3%ADa-Seguridad-y-salud-fente-a-las-radiaciones-ionizantes_Asepeyo.pdf

Exposición a fuentes naturales

La vida en la tierra implica inevitablemente una exposición a fuentes naturales de radiaciones ionizantes y la mayor parte de exposición que recibimos proviene de dichas fuentes.

Las fuentes naturales se pueden agrupar en dos importantes categorías:

- Fuentes externas, son las provenientes del exterior como la radiación cósmica (del sol y de los espacios interestelares del universo), la radiación terrestre (emitida por las rocas y el suelo), la radiación de algunos edificios (por ejemplo los de granito, que pueden emitir gas radón) y la radiación que contienen algunos alimentos sobretodo aquellos que concentran materia orgánica, como los moluscos.
- Fuentes internas, debidas a la presencia en el cuerpo humano de radionucleidos procedentes del medio ambiente que son capaces de ionizar (potasio-40, carbono-14).

Se pueden diferenciar varios orígenes de radiaciones de carácter natural:

▪ Radiaciones Cósmicas: Radiaciones procedentes del espacio externo. La exposición aumenta al aumentar la altura respecto al nivel del mar. La exposición puede presentar incrementos significativos por la utilización frecuente de aeronaves. La radiación cósmica primaria es aquella que se origina en la actividad del sol y la actividad de otras estrellas, está constituida por protones (85%), partículas alfa de energía muy elevada (12%), núcleos pesados (<1%) con energías que varían entre los 1 y 10^{14} MeV, y electrones (2%). Cuando pasan a través de la atmósfera interactúan con elementos presentes en ésta originando radiación gamma, electrones, neutrones, mesones y otras partículas energéticas, cuyo conjunto se conoce como radiación cósmica secundaria. De esta forma, la atmósfera actúa como escudo protector de la tierra evitando que lleguen a la superficie partículas de energía más elevada.

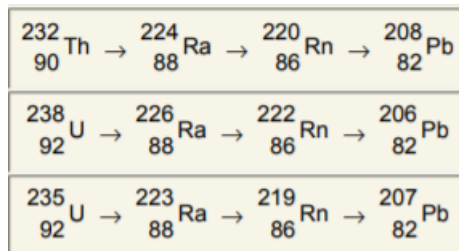
▪ Radiación terrestre (suelo y edificios): Los materiales que constituyen los suelos contienen pequeñas proporciones de isótopos radiactivos (isótopos de un mismo elemento químico significa elementos con igual número de protones y distinto de neutrones, que presentan propiedades diferentes). Los elementos radiactivos naturales se encuentran distribuidos en las rocas y suelos de la corteza terrestre, que está constituida principalmente por basalto y granito.

El uranio es uno de los elementos más abundantes en la naturaleza. En la corteza terrestre, los granitos contienen una concentración de uranio que

varia entre 2 y 6 ppm y una concentración de torio que, a su vez varía entre 6 y 30 ppm.

El radón es un gas inerte y radiactivo de origen natural cuyo impacto radiológico en el hombre es el más importante dentro del conjunto de fuentes de radiación natural. El más abundante de los isótopos radiactivos del radón es el Rn-222 que procede de la desintegración del Ra-226 y a su vez forma parte con éste de la cadena de desintegración del U-238, constituyente principal de la tierra.

Series radiactivas naturales:



Los materiales de construcción de los edificios, hechos a partir de materia extraída del propio suelo, pueden incrementar la emisión de gases radiactivos, como por ejemplo el radón.

Dado que su presencia está en relación a la composición del suelo, su concentración en el aire de un edificio es muy variable en función las características del terreno, los materiales utilizados en la construcción, las condiciones de ventilación, la utilización de productos energéticos (carbón, petróleo, gas), el origen del agua corriente y de los hábitos de vida y trabajo. La exposición a radón de origen natural en espacios abiertos es inapreciable por el efecto dilución.

El torio es un elemento radiactivo que se encuentra en la naturaleza en combinación con otros minerales como la sílice. Pequeñas cantidades de este elemento se hallan presentes en rocas, suelo, agua, plantas y animales. El suelo contiene un promedio de 6 ppm. El 99% del torio presente en la naturaleza, está en forma de torio-232, tiene una vida media 14 billones de años y entre sus productos de desintegración están el radio y el radón.

- Aire: El aire es naturalmente radiactivo por la presencia de gases como el Radón o el Torón, formados a partir de la desintegración del Uranio y el Torio distribuidos de forma natural por la corteza terrestre.

- Comida y bebida: Los materiales radiactivos presentes en el suelo en muy pequeña proporción son absorbidos por plantas y animales que acaban formando parte de nuestra alimentación. Se ha de destacar que casi el 90% de la dosis total recibida por la población, proviene de fuentes naturales. Estos valores pueden variar notablemente dependiendo de las zonas geográficas que se estudien.

Exposición a fuentes artificiales

Una de las clasificaciones más utilizada es la siguiente:

- Usos médicos:

Radiodiagnóstico: En el campo del diagnóstico, los Rayos X inciden sobre un sistema de imagen, analógico o digital, tras atravesar el cuerpo, produciendo una imagen diagnóstica de los órganos internos.

Radioterapia: Tratamiento de enfermedades mediante la utilización de la capacidad destructiva de las radiaciones sobre las células tumorales, aprovechando la mayor radiosensibilidad de éstas, administrándola en dosis adecuadas para destruirlas.

Medicina Nuclear: Utiliza radiotrazadores o radiofármacos, que se aplican dentro del organismo humano por diversas vías (la más utilizada es la vía intravenosa). Una vez que el radiofármaco está dentro del organismo, se distribuye por diversos órganos dependiendo del tipo empleado. La distribución de éste es localizado por un aparato detector de radiación llamado gammacámara y almacenado digitalmente. Luego se procesa la información obteniendo imágenes de todo el cuerpo o del órgano en estudio. Estas imágenes, a diferencia de la mayoría de las obtenidas en radiología, son imágenes funcionales y moleculares, es decir, muestran como están funcionando los órganos y tejidos explorados o revelan alteraciones de los mismos a un nivel molecular.

- **Usos industriales:** Especialmente el uso de radiaciones ionizantes en el sector industrial está relacionado con el control de procesos, medidas de espesores, control de fugas, medidas de compactación y humedad del suelo, así como en algunos casos para la esterilización y conservación. La operación de plantas nucleares de generación de energía eléctrica o de plantas de extracción, almacenamiento y procesamiento del combustible utilizado en los reactores también implica actividades que suponen un aumento en la exposición a radiaciones ionizantes para el personal de dichas instalaciones. En funcionamiento normal, la contribución de estas prácticas a la dosis que recibe la población en general es mínima.

- **Investigación:** Las actividades de investigación que puedan utilizar isótopos radiactivos como marcadores, control de procesos, Rayos X, etc., generalmente implican a personas en formación o estudiantes que deben ser protegidos convenientemente. Conviene diferenciar claramente las exposiciones derivadas de irradiaciones externas de las derivadas de contaminación radiactiva. En el primer caso, el individuo está sometido a un campo de radiación originado por fuentes exteriores a él con las que no tiene contacto directo. La irradiación externa cesa cuando el individuo expuesto se retira del campo de radiación. En el segundo caso, el individuo entra en contacto con la propia fuente radiactiva, pudiendo ésta quedar adherida de forma superficial al cuerpo en forma de partícula radiactiva o penetrar en el organismo por inhalación (respiración en ambiente contaminado), ingestión de alimentos u otros objetos, o a través de la piel/heridas. La exposición no cesa hasta que se haya eliminado la fuente contaminante del cuerpo.

Licencias y obligaciones

Instalaciones radiactivas con fines científicos, médicos, agrícolas, comerciales o industriales

El personal que manipule material o equipos radiactivos y el que dirija dichas actividades en una instalación de este tipo, deberá estar provisto de una licencia específica concedida por el Consejo de Seguridad Nuclear.

Existen dos clases de licencias:

- Licencia de supervisor
 - Capacita para dirigir y planificar el funcionamiento de una instalación radiactiva y las actividades de los operadores.
 - Las licencias de supervisor podrán ser solicitadas por personas con titulación universitaria, como mínimo, de grado medio o equivalente.
- Licencia de operador
 - Capacita para la manipulación de materiales o equipos productores de radiaciones ionizantes, conforme procedimientos e instrucciones preestablecidos.
 - Las licencias de operador podrán ser solicitadas por personas con formación, como mínimo, de enseñanza secundaria obligatoria o equivalente.

Características y vigencia de las licencias:

- Las licencias de operador y supervisor para este tipo de instalaciones tendrán un plazo mínimo de validez de cinco años.
- Serán de carácter personal e intransferible.
- Serán específicas por campo de aplicación.
- Las licencias de supervisor y operador se renovarán por periodos iguales al de la primera concesión.

La solicitud de las licencias y diplomas deberá dirigirse al Consejo de Seguridad Nuclear y en ella se harán constar el nombre, apellidos, nacionalidad, documento nacional de identidad o número del pasaporte, edad y domicilio del solicitante.

A la solicitud se acompañará la siguiente documentación:

a) Información sobre la formación académica y profesional del solicitante y sobre su experiencia, de conformidad con las modalidades de acreditación previstas en el artículo siguiente

b) Certificado médico de aptitud, expedido por un servicio de prevención de riesgos laborales, tras haber sido analizados los requisitos de salud física y estabilidad psíquica para realizar las actividades propias del puesto de trabajo con licencia y aquellas que implican riesgo de exposición asociado al puesto de trabajo.

El Consejo de Seguridad Nuclear, considerando el riesgo radiológico, podrá requerir a los titulares de estas instalaciones radiactivas disponer de un servicio de protección radiológica propio o contratado, al frente del cual deberá existir, al menos, una persona acreditada al efecto por el CSN.

El CSN podrá eximir de la obligatoriedad de obtener licencia a las personas que dirijan o manipulen materiales y equipos productores de radiaciones ionizantes en aquellas instalaciones que, a su juicio, no ofrezcan riesgo significativo.

Las instalaciones de rayos-X con fines de diagnóstico médico, deberán ser dirigidas por médicos, odontólogos, veterinarios o titulados que posean los conocimientos adecuados sobre el diseño y uso de los equipos, sobre el riesgo radiológico asociado y sobre las medidas de protección radiológica.

Los titulados que dirijan el funcionamiento de estas instalaciones, así como los operadores que actúen bajo su supervisión, deberán estar acreditados por el Consejo de Seguridad Nuclear.

Obligaciones del personal de operación y supervisor

En toda instalación nuclear o radiactiva sometida a un proceso de autorización, deberá estar de servicio, como mínimo, el personal con licencia.

El supervisor está obligado a garantizar que la operación de la instalación se lleve a cabo cumpliendo las especificaciones técnicas de funcionamiento, el reglamento de funcionamiento, el plan de emergencia interior y cualquier otro documento oficialmente aprobado. Asimismo tiene la obligación de detener, en cualquier momento, el funcionamiento, si considera que se han reducido las condiciones de seguridad de la instalación.

El operador esta autorizado a proceder del mismo modo, si se dan las circunstancias anteriores y le es imposible informar al supervisor con la prontitud requerida.

Toda persona que sin necesitar licencia, trabaje en una instalación nuclear o radiactiva deberá conocer y cumplir las normas de protección contra las radiaciones ionizantes y su actuación en caso de emergencia.

Para ello el titular de la instalación deberá definir claramente los conocimientos y la especialización que se precisen.

Los programas de formación que se establezcan habrán de ser previamente aprobados por el Consejo de Seguridad Nuclear.

Dichas personas actuarán bajo la responsabilidad específica del titular y bajo la supervisión del personal con licencia.

El Jefe del Servicio de Protección Radiológica es el responsable de velar por el cumplimiento de las normas oficialmente aprobadas en relación con la protección radiológica, informando al supervisor del servicio de lo que se requiere para su aplicación.

Nota: Debe tenerse en cuenta que, según el RD 216/99, "los trabajos con exposición a radiaciones ionizantes en zonas controladas" se hallan incluidos en los trabajos en actividades de especial peligrosidad para los que las Empresas de Trabajo Temporal (ETT) no podrán celebrar contratos de puesta a disposición. Es decir, que, en dichas actividades no pueden contratarse trabajadores de ETT.

Diario de operación

El titular de una instalación nuclear o radiactiva está obligado a llevar un diario de operación donde se refleje de forma clara y concreta toda la información referente a la operación de la instalación.

- Condiciones:

- Debe ser numerado, estar autorizado, sellado y registrado por el Consejo de Seguridad Nuclear, el titular solicitará este trámite a dicho organismo con la debida antelación.
- Los ejemplares que se hayan completado se archivarán y permanecerán bajo la custodia del titular de la autorización. Su destrucción o pérdida se comunicará lo más brevemente posible al Consejo de Seguridad Nuclear.
- El diario de operación podrá ser comprobado y revisado por el personal de inspección, y cuando lo estimen conveniente, anotarán en el mismo las observaciones pertinentes.

- Contenido: Considerando la naturaleza de la instalación, y sin carácter limitativo, deberán figurar, con fecha y hora:

- Puesta en marcha
- Nivel de potencia y de operación
- Paradas
- Incidencias de cualquier tipo
- Comprobaciones
- Operaciones de mantenimiento
- Modificaciones
- Niveles de actividad
- Descarga de efluentes radiactivos al exterior
- Almacenamiento y evacuación de residuos radiactivos sólidos

En el diario de operación deberá figurar el nombre y firma del supervisor o, en su caso del operador del servicio, anotando los correspondiente relevos o sustituciones.

Cualquier operación que pueda dejar fuera de servicio el equipo, instrumento o sistema que afecte a la seguridad nuclear o protección radiológica, deberá ser autorizada por el supervisor del servicio, quien anotará en el diario la fecha y hora en que se inicia y finaliza la operación así como el nombre de la persona responsable de realizarla

Instalaciones y Equipos exentos de considerarse instalación radiactiva

Según el ANEXO I "**Instalaciones radiactivas**: clasificación y exención" del Real Decreto 35/2008, de 18 de enero, por el que se modifica el Reglamento sobre Instalaciones Nucleares y Radiactivas, aprobado por Real Decreto 1836/1999, de 3 de diciembre:

No tendrán la consideración de instalaciones radiactivas aquellas en que intervengan:

a) Sustancias radiactivas, si la actividad no supera en total los valores de exención indicados en la segunda columna de la tabla A de la Instrucción IS/05 del Consejo de Seguridad Nuclear.

<https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2003-7520>

b) Sustancias radiactivas, si la actividad por unidad de masa no excede los valores de exención indicados en la tercera columna de la tabla A de la Instrucción IS/05 del Consejo de Seguridad Nuclear.

c) La utilización de aparatos que contengan sustancias radiactivas que superen las actividades o los valores de actividad por unidad de masa que se especifican en las letras a) o b), siempre y cuando correspondan a un tipo aprobado por el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, de acuerdo con lo establecido en el anexo II. La resolución de aprobación deberá especificar las condiciones para su eliminación.

d) La utilización de todo tubo catódico destinado a proporcionar imágenes visuales u otro aparato eléctrico que funcione con una diferencia potencial que no sea superior a 30 kV y microscopios electrónicos, siempre que no presenten, en condiciones normales de funcionamiento, una tasa de dosis superior a 1 $\mu\text{Sv/h}$ en ningún punto situado a 0,1 m de la superficie accesible del aparato.

e) El manejo de aparatos que emitan radiaciones ionizantes distintos de los contemplados en la letra d), siempre y cuando correspondan a un tipo aprobado por el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, de acuerdo con lo establecido en el anexo II.

f) Material contaminado con sustancias radiactivas procedentes de evacuaciones autorizadas, que hayan sido declaradas por el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, previo informe del Consejo de Seguridad Nuclear, como no sometidas a controles posteriores.

g) El Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, previo informe del Consejo de Seguridad Nuclear, podrá declarar exentas otras prácticas cuando, aun superando los valores de la tabla A de la Instrucción IS/05 del Consejo de Seguridad Nuclear, se cumplan las condiciones siguientes:

1.º La dosis efectiva esperable para cualquier miembro del público a causa de la práctica exenta sea del orden de 10 μSv al año o inferior, y

2.º La dosis colectiva efectiva comprometida por cada año de la ejecución de la práctica no sea superior a 1 Sv persona, o bien una evaluación de la optimización de la protección radiológica muestre que la exención es la condición óptima.

A efectos de la clasificación de las instalaciones radiactivas en categorías, prevista en el artículo 34, se considerará como referencia de actividad exenta

por nucleido la contenida en la segunda columna de la tabla A de la Instrucción IS/05 del Consejo de Seguridad Nuclear, de forma que:

a) Serán de tercera categoría las instalaciones en que intervenga una actividad superior a la de exención e inferior a mil veces ésta.

b) Serán de segunda categoría aquellas en que la actividad sea igual o superior a mil veces la de exención.

c) En los casos de mezcla de isótopos, si la suma de los cocientes entre la actividad presente de cada isótopo y la de exención se sitúa entre uno y mil, la instalación será de tercera categoría y si es igual o superior a mil, de segunda.

Según el ANEXO II "Aprobación de tipos de **aparatos radiactivos**. Condiciones generales" del Real Decreto 35/2008, de 18 de enero, por el que se modifica el Reglamento sobre Instalaciones Nucleares y Radiactivas, aprobado por Real Decreto 1836/1999, de 3 de diciembre:

Para aprobar el tipo de un aparato que incorpore sustancias radiactivas o sea generador de radiaciones ionizantes, con vistas a su exención como instalación radiactiva, éste debe ofrecer suficiente seguridad contra la fuga de radiaciones ionizantes, tanto en condiciones normales de uso, como en otra que accidentalmente puedan presentarse, incluidas posibles utilizaciones incorrectas.

Caso de contener sustancias radiactivas deberán estar dispuestas en forma de fuente encapsulada de manera que se asegure una protección contra cualquier escape o fuga de la sustancia radiactiva.

El aparato no presentará en condiciones normales de funcionamiento una tasa de dosis superior a 1 $\mu\text{Sv/h}$ en ningún punto situado a 0,1 m de la superficie accesible del mismo.

La documentación que debe aportarse debe ser aquella que permita un pleno conocimiento del tipo a aprobar, entre otras:

- descripción detallada del aparato y de sus sistemas de seguridad. En su caso, características del material radiactivo y de su encapsulamiento, y de la posibilidad de acceso al mismo.

- documentación acreditativa en la que consten los resultados obtenidos en los ensayos verificados con el prototipo, respecto a las condiciones de seguridad radiológica.

- uso a que se destina y vida útil prevista.

- documentación acreditativa de que el aparato cumple el fin para el que se destina.

- análisis de riesgos en situaciones que accidentalmente puedan presentarse, incluyendo utilizaciones incorrectas.

- manual de operación, en español, que se entregará a los usuarios y que recoja sus características técnicas e instrucciones de uso, información sobre sus riesgos y las recomendaciones básicas de protección radiológica a considerar durante su uso o, en su caso, de emergencia, avería o rotura.

- programa de mantenimiento, en español, que incluya, si es el caso, las verificaciones periódicas que el fabricante recomienda efectuar sobre los sistemas o parámetros que afecten a la seguridad de los aparatos, señalando expresamente aquellas que, en base a sus riesgos, no podrá efectuar el usuario.

- para aparatos provistos de material radiactivo se hará una propuesta de gestión del mismo al final de su vida útil. Si es el caso, la propuesta se apoyará con un análisis de los riesgos que dicha gestión pueda implicar para la población. En el caso de que se prevea la retirada por el suministrador de origen, se aportará un documento original emitido por el mismo, que garantice esa retirada.

El Consejo de Seguridad Nuclear, una vez recibida la copia de toda la documentación, procederá a emitir su dictamen técnico sobre seguridad. Será remitido por dicho organismo a la Dirección General de Política Energética y Minas y esta adoptará la resolución que proceda.

La Dirección General de Política Energética y Minas, en las resoluciones aprobatorias de tipos, describirá las características del tipo, la utilización para la que se admite y las condiciones y obligaciones a que se somete y las siglas y número que le corresponden, reservándose el derecho de imponer nuevas condiciones.

El fabricante español o el importador de un aparato con el tipo aprobado, quedan obligados a suministrar junto a cada ejemplar la siguiente documentación:

- a) Un certificado en el que se haga constar:
 - 1.º El número de serie del aparato y su fecha de fabricación.
 - 2.º Declaración de que el tipo ha sido aprobado por la Dirección General de Política Energética y Minas, señalando el número de aprobación y la fecha de la resolución y la del "Boletín Oficial del Estado" en el que ha sido publicada.
 - 3.º Que el aparato corresponde exactamente al tipo aprobado.
 - 4.º Uso para el que ha sido autorizado.
 - 5.º Tratamiento o destino del aparato y, en su caso, de la sustancia radiactiva que contenga, al final de su vida útil.
 - 6.º Cualquier otra información establecida en la aprobación del tipo.
- b) Especificaciones y condiciones establecidas en la aprobación del tipo.
- c) Manual de operación en español.
- d) Cualquier otra documentación establecida en la aprobación del tipo.

Los aparatos productores de radiaciones ionizantes que se suministren deberán ir señalizados tal y como se establezca en la correspondiente aprobación del tipo.

El usuario del aparato viene obligado a respetar las condiciones impuestas por la Dirección General de Política Energética y Minas en la resolución por la que se aprueba el tipo.

Normativa

- Normativa CSN: https://www.csn.es/normativa-del-csn/normativa-espanola?p_p_id=101_INSTANCE_8mUzKZSRGnNe&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-2&p_p_col_pos=3&p_p_col_count=4&_101_INSTANCE_8mUzKZSRGnNe_delta=30&_101_INSTANCE_8mUzKZSRGnNe_keywords=&_101_INSTANCE_8mUzKZSRGnNe_advancedSearch=false&_101_INSTANCE_8mUzKZSRGnNe_andOperator=true&p_r_p_564233524_resetCur=false&_101_INSTANCE_8mUzKZSRGnNe_cur=1
- Directiva 2013/59/Euratom del Consejo, de 5 de diciembre de 2013, por la que se establecen normas de seguridad básicas para la protección contra los peligros derivados de la exposición a radiaciones ionizantes. Se derogan las Directivas 89/618/Euratom, 90/641/Euratom, 96/29/Euratom, 97/43/Euratom y 2003/122/Euratom por las que se establecen las normas básicas relativas a la protección sanitaria de los trabajadores y de la población contra los riesgos que resultan de las radiaciones ionizantes. https://www.csn.es/normativa-del-csn/normativa-ue/-/asset_publisher/3m7UYS0jY5X3/document/id/896893#:~:text=CSN%20Directiva%202013%2D59%2DEURATOM,derogan%20otras%20Directivas%20%2D%20Normativa%20UE
- Ley 25/1964. Reguladora de la energía nuclear. <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-1964-7544>
- Real Decreto 1836/99. Reglamento de Instalaciones Nucleares y Radiactivas. Modificado por el Real Decreto 35/2008. <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-1999-24924>
- RD 1085/2009 Reglamento sobre instalación y utilización de aparatos de rayos X con fines de diagnóstico médico. Deroga el Real Decreto 1891/1991 <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2009-11932>
- Real Decreto 783/2001. Reglamento sobre protección sanitaria contra radiaciones ionizantes. Derogada en breve. <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2001-14555>
- Real Decreto 413/1997. Protección operacional de los trabajadores externos con riesgos de exposición a radiaciones ionizantes por intervención en zona controlada. Derogada en breve. <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-1997-8070>
- REAL DECRETO 229/2006, de 24 de febrero, sobre el control de fuentes radiactivas encapsuladas de alta actividad y fuentes huérfanas. <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2006-3445>
- REAL DECRETO 451/2020, de 10 de marzo, sobre control y recuperación de las fuentes radiactivas huérfanas. <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2020-4667>
- Real Decreto 1428/2009, de 11 de septiembre, por el que se modifica el Plan Básico de Emergencia Nuclear, aprobado por Real Decreto 1546/2004, de 25 de junio. https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2009-14502

- Instrucción de 31/5/2001 nº IS-01. Define el formato y contenido del documento individual de seguimiento radiológico (carné radiológico) regulado por el RD 413/97.
<https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2001-15370>
- Instrucción de 6/11/2002. Cualificaciones para obtener el reconocimiento de experto en protección contra radiaciones ionizantes.
<https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2002-24235>
- Instrucción de 26/2/2003 nº IS-05. Se definen los valores de exención para nucleidos según se establece en las tablas A y B del Anexo I del RD 1836/99. <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2003-7520>
- INSTRUCCIÓN número IS-06, de 9 de abril de 2003, del Consejo de Seguridad Nuclear, por la que se definen los programas de formación en materia de protección radiológica básico y específico regulados en el REAL DECRETO 413/1997, de 21 de marzo, en el ámbito de las instalaciones nucleares e instalaciones radiactivas del ciclo del combustible. https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2003-11151
- Instrucción de 30/1/2008 nº IS-17. Homologación de cursos o programas de formación para el personal que dirija el funcionamiento u opere los equipos en las instalaciones de Rayos X con fines de diagnóstico médico y acreditación del personal de dichas instalaciones.
<https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2008-2987>
- Nota Técnica de Prevención 589: Instalaciones radioactivas: definición y normas para su funcionamiento.
https://www.insst.es/documents/94886/327064/ntp_589.pdf/fb173e2d-baaf-4297-ba0b-5d3578828a13
- NTP 614: Radiaciones ionizantes: normas de protección
https://www.insst.es/documents/94886/326775/ntp_614.pdf/ef28c36c-66d4-4bc9-a5cb-451c705927a9
- NTP 728: Exposición laboral a radiación natural
https://www.insst.es/documents/94886/327446/ntp_728.pdf/bb16cb55-75dc-42ad-a071-c9439843e9a3
- La protección radiológica en el medio sanitario (del CSN 2012)
<https://www.csn.es/documents/10182/914805/La+protecci%C3%B3n+radiol%C3%B3gica+en+el+medio+sanitario>
Enciclopedia de Seguridad y Salud en el trabajo. Capítulo 48. Radiaciones ionizantes.
<https://www.insst.es/documents/94886/162520/Cap%C3%ADtulo+48.+Radiaciones+ionizantes>
- Las Recomendaciones 2007 de la Comisión Internacional de Protección Radiológica
[file:///D:/Users/usuario/Downloads/ICRP%20103-esp%20\(1\).pdf](file:///D:/Users/usuario/Downloads/ICRP%20103-esp%20(1).pdf)

FAQ's

1. ¿Qué se considera instalación radiactiva?

Se consideran instalaciones radiactivas:

- Las instalaciones de cualquier clase que contengan una fuente de radiación ionizante.
- Los aparatos productores de radiaciones ionizantes que funcionen a una diferencia de potencial superior a 5 kV.
- Los locales, laboratorios, fábricas e instalaciones donde se produzcan, utilicen, posean, traten, manipulen o almacenen materiales radiactivos (excepto el almacenamiento incidental durante su transporte).

No se consideran instalaciones radiactivas:

- Las instalaciones en que intervengan sustancias radiactivas con "actividades" o "actividades por unidad de masa" inferiores o iguales a las indicadas en la tabla A del Anexo I del Reglamento (RD 1836/99).
- La utilización de aparatos que contengan fuentes radiactivas con actividades superiores a las de exención, siempre que correspondan a un tipo aprobado por el Ministerio de Industria y Energía de acuerdo con los criterios del Anexo II del Reglamento (RD 1836/99).
- La utilización de tubos de rayos catódicos destinados a proporcionar imágenes visuales y otros aparatos eléctricos que funcionen con una diferencia de potencial igual o inferior 30kV, así como microscopios electrónicos, siempre que no presenten en condiciones normales de funcionamiento, una tasa de dosis superior a 1 Sv/h en ningún punto situado a 0,1 m de distancia de la superficie accesible del aparato.
- El manejo de aparatos emisores de radiaciones ionizantes, distintos de los anteriores, siempre que correspondan a un tipo aprobado por el Ministerio de Industria y Energía de acuerdo con el citado Anexo II.
- El material contaminado con sustancias radiactivas, procedente de evacuaciones autorizadas no sometidas a controles posteriores por el Ministerio de Industria y Energía, previo informe del Consejo de Seguridad Nuclear.
- Otras prácticas exentas por el Ministerio de Industria y Energía previo informe del Consejo de Seguridad Nuclear, aunque superen los valores indicados en la Tabla A del Reglamento, siempre que la dosis efectiva esperable para cualquier miembro del público sea de 10 Sv al año o inferior, y la dosis colectiva efectiva comprometida por año no sea superior a 1 Sv por persona.

2. ¿De qué categoría son las instalaciones radiactivas de la Universidad de Zaragoza?

Las actividades en las instalaciones de investigación de la Universidad de Zaragoza habitualmente están basadas en el empleo de material radiactivo como trazadores. La técnica consiste en incorporar radionucleidos a un compuesto químico material para seguir su curso o comportamiento mediante la detección de las radiaciones ionizantes que emiten. Estas técnicas se encuentran ampliamente difundidas desde los estudios médicos y bioquímicos

hasta los estudios de transporte de fluidos y de contaminación ambiental. La elección del radionucleido a utilizar depende del estudio que se desarrolle en cada momento y de la técnica empleada, como por ejemplo en los ensayos in vivo o in vitro en el estudio de los diferentes procesos biológicos que tienen lugar en los seres vivos.

No obstante, también existen instalaciones con fin de diagnóstico médico o veterinario. Se utilizan equipos de rayos X para diagnóstico médico, que permite diagnosticar con precisión patologías.

Existen actualmente 3 instalaciones dadas de alta como instalaciones radiactivas todas ellas de categoría 3:

- En la Facultad de Veterinaria: Servicio de Radioisótopos y Departamento de Bioquímica y Biología Molecular y Celular
- En la Facultad de Ciencias: en el Servicio de Difracción de RX y Análisis por Fluorescencia y en el Departamento de Física de la Materia Condensada
- En el Instituto de Nanociencia de Aragón

Podrán ser de:

a. Segunda categoría:

• Instalaciones radiactivas con fines científicos, médicos, agrícolas, comerciales o industriales en que intervengan sustancias radiactivas, cuando se cumpla que:

- actividad $\geq 1000 \times$ exención

y en los casos de mezcla de isótopos cuando se cumpla:

- $\sum \text{actividad}_i / \text{exención}_i \geq 1000$

• Instalaciones que utilicen aparatos generadores de rayos X con tensión de pico ≥ 200 kV.

• Aceleradores de partículas e instalaciones donde se almacenen fuentes de neutrones.

b. Tercera categoría:

• Instalaciones radiactivas con fines científicos, médicos, agrícolas, comerciales o industriales en que intervengan sustancias radiactivas, cuando se cumpla que:

- exención \leq actividad $< 1000 \times$ exención

y en los casos de mezcla de isótopos cuando se cumpla:

- $1 \leq \sum \text{actividad}_i / \text{exención}_i < 1000$

• Instalaciones que utilicen aparatos generadores de rayos X con tensión de pico < 200 kV.

3. ¿Con qué puedo medir la radiación a la que puedo estar expuesto?

La magnitud que aporta información acerca del nivel o grado de radiactividad de una fuente o material se denomina actividad (A). Su unidad

de medida en el sistema internacional (SI) es el Bequerel (Bq) que equivale a una desintegración por segundo.

Para evaluar los efectos de las radiaciones sobre la materia inerte o los seres vivos se utilizan las magnitudes "dosis absorbida" y "dosis equivalente". La dosis absorbida (D) es la cantidad de energía cedida por la radiación a la unidad de masa de materia irradiada. La unidad de medida en el SI es el Gray (Gy) que equivale a 1 J/kg.

La dosis equivalente considera el daño producido. Es el producto de la dosis absorbida por un factor de ponderación que depende del tipo de radiación. La unidad de medida en el SI es el Sievert (Sv) aunque, como esta es una unidad relativamente grande, es más habitual utilizar el milisievert (mSv) o el microsievert (μ Sv).

Para medir estas magnitudes de dosis se pueden utilizar detectores de radiación o dosímetros:

1. Los detectores de radiación son instrumentos de lectura directa, generalmente portátiles, que indican en una pantalla la tasa de radiación, es decir, la dosis en un periodo de tiempo corto, habitualmente minutos. Se suelen utilizar para medir exposiciones puntuales a radiaciones ionizantes.

Dentro de estos equipos tenemos:

- Detectores de ionización gaseosa, que son los utilizados más frecuentemente para la detección y medida de radiaciones ionizantes. Están basados en un recinto que confina un volumen ocupado por un gas, en el que están dispuestos dos electrodos conductores entre los que se crea una diferencia de potencial. En presencia de radiación existirá una ionización en el gas del recinto y las cargas se moverán a los electrodos polarizados, siendo este fenómeno origen de una corriente eléctrica que es detectada por el circuito electrónico asociado a la cámara de ionización. Ejemplos: Cámara de ionización, contador proporcional, contador Geiger...
- Contadores de centelleo: La energía perdida en un medio por las partículas que conforman la radiación es absorbida por un material específico, que cede esta energía que ha absorbido de la radiación incidente en forma de luz. La luz que es emitida por el material de centelleo es amplificada por el tubo fotomultiplicador y transformada en una señal eléctrica. Dicha señal, que se mide mediante los dispositivos electrónicos más adecuados, estará relacionada con la cantidad de radiación incidente.

2. Dosímetros: son detectores de radiación pero que están diseñados para medir la dosis de radiación durante periodos de tiempo más largos, semanas o meses. Se utilizan para medir la exposición de los trabajadores de zonas donde existen radiaciones.

- Detector de semiconductor: El material detector que interacciona con la radiación es un semiconductor sólido, por ejemplo un cristal de silicio. Con detectores de semiconductor se realizan los dosímetros electrónicos, pequeños dispositivos que permiten visualizar en todo momento a través de una pantalla que incorporan, la dosis que se está recibiendo en cualquier lugar, y conservar los datos de dosis acumuladas.

- Detectores de termoluminiscencia: En esta propiedad están basados la gran mayoría de los dosímetros utilizados por el personal profesionalmente expuesto a radiaciones. Se basa en un fenómeno característico de ciertas sustancias que, por la acción de radiaciones ionizantes, sufren una excitación en el estado de los electrones por la absorción de energía, manteniéndose en ese estado hasta que externamente se provoca una desexcitación que implica la emisión de luz visible. Dicha desexcitación se provoca calentando el material termoluminiscente. La cantidad de luz emitida por un material termoluminiscente está directamente relacionada con la dosis de radiación absorbida por dicho material.

Los dosímetros se utilizan normalmente durante periodos de un mes, transcurrido el cual son enviados a un laboratorio para que se obtengan los datos de dosis relativos a éste y los resultados en dosis son enviados a sus respectivos usuarios.

http://csn.ciemat.es/MDCSN/recursos/ficheros_md/537701088_2411200913237.pdf

4. ¿Qué tipos de dosimetría existen?

El objetivo de la dosimetría de radiaciones ionizantes es prevenir o limitar la aparición de efectos nocivos producidos por la radiación. Según el método empleado para conseguir ese objetivo, podemos distinguir:

- Dosimetría ambiental: Determinación de la dosis equivalente ambiental, $H^*(10)$, en las zonas accesibles para el público. Se realiza para las medidas de dosis de radiación dentro de los planes de vigilancia radiológica ambiental establecidos alrededor de centrales nucleares o de instalaciones de alto impacto.
- Dosimetría de área: Determinación de la dosis equivalente ambiental, $H^*(10)$, en las zonas vigiladas y controladas, es decir, en zonas de trabajo ocupadas por trabajadores expuestos. Se emplea para la clasificación y control de las zonas radiológicas y para la vigilancia dosimétrica de trabajadores de categoría B.
- Dosimetría personal: La dosimetría personal comprende dos modalidades complementarias pero claramente diferenciadas:
 - la dosimetría de la radiación externa: La Dosimetría Personal Externa contempla aquellas situaciones en las que la irradiación se produce por fuentes externas al organismo humano y se realiza, de forma práctica, mediante el uso de dosímetros personales capaces de evaluar la dosis equivalente personal, $H_p(d)$. Aunque sólo es obligatoria para trabajadores de categoría A, en la práctica también se emplea frecuentemente en la determinación de las dosis recibidas por los trabajadores de categoría B
 - la dosimetría de la radiación interna: La Dosimetría Personal Interna proporciona soluciones tecnológicas para situaciones que exigen la evaluación de la Dosis Efectiva recibida por personas que han incorporado material radiactivo al organismo vía inhalación, ingestión, inyección, a través de heridas o de la piel. La medida de la actividad incorporada se realiza mediante

métodos directos (contador de radiactividad corporal) o indirecta (bioeliminación en excretas). La evaluación de la dosis efectiva a partir de la actividad incorporada en un método complejo que requiere el uso de modelos biocinéticas y coeficientes de dosis recomendados por la Comisión Internacional de Protección Radiológica ICRP.

5. ¿Qué hay que hacer para dar de alta una instalación radiactiva?

Deberá consultar la información proporcionada por el Consejo de Seguridad Nuclear CSN en su página web <https://www.csn.es/proteccion-radiologica/autorizacion-de-instalaciones> y en el documento:

[https://www.csn.es/documents/10182/1010776/Documentaci%C3%B3n%20pr%C3%A1ctica%20para%20la%20autorizaci%C3%B3n%20de%20instalaciones%20radiactivas%20\(Revisi%C3%B3n%204.1\)](https://www.csn.es/documents/10182/1010776/Documentaci%C3%B3n%20pr%C3%A1ctica%20para%20la%20autorizaci%C3%B3n%20de%20instalaciones%20radiactivas%20(Revisi%C3%B3n%204.1))

Corresponde su concesión al Ministerio de Energía o, en caso de que las competencias estén transferidas, a la Consejería de Industria de la comunidad autónoma donde la instalación radiactiva esté emplazada. En todos los casos se requiere el informe preceptivo del Consejo de Seguridad Nuclear (CSN). Este informe es vinculante en caso de ser denegatorio y en cuanto a las condiciones que establece para la concesión de la autorización.

Cuando la instalación está en disposición de iniciar la operación, el titular comunica el hecho al Consejo de Seguridad Nuclear (CSN) para que este pueda realizar una visita de inspección. Tras ella, si el resultado es positivo, el Consejo emitirá una notificación para la puesta en marcha que remitirá al titular, dando cuenta de la misma al Ministerio.

Todas las instalaciones radiactivas disponen de un supervisor, responsable de los aspectos de protección radiológica, con licencia emitida por el CSN.

El CSN es responsable de autorizar y supervisar el funcionamiento de los Servicios y Unidades Técnicas de Protección Radiológica. Considerando el riesgo radiológico, podrá exigir a los titulares de las instalaciones o prácticas autorizadas que se doten de un Servicio de Protección Radiológica, o que contraten una Unidad Técnica de Protección Radiológica para que les proporcione asesoramiento específico en esta materia. Del mismo modo, el CSN autorizará unos Servicios de Dosimetría Personal que serán responsables de realizar la dosimetría individual, tanto externa como interna, de todos los trabajadores expuestos a las radiaciones en las instalaciones autorizadas. Para ello, los titulares de las instalaciones son los responsables de realizar la vigilancia radiológica del ambiente de trabajo y de la vigilancia individual de los trabajadores.

6. ¿Qué formación hay que tener para trabajar en una instalación radiactiva?

La formación de las personas que trabajan en las instalaciones radiactivas y de radiodiagnóstico se considera un elemento fundamental para conseguir que el funcionamiento de las mismas se realice en las condiciones de seguridad adecuadas y se garantice la protección de los trabajadores de las propias instalaciones y también de la población. Para asegurar que se obtiene un grado de formación aceptable, la legislación española requiere que las personas cuya actividad puede afectar a la seguridad o la protección

radiológica de las instalaciones obtengan una licencia o una acreditación concedida por el Consejo de Seguridad Nuclear (CSN).

Para la obtención de los distintos tipos de licencias que otorga el CSN se requiere que los solicitantes acrediten conocimientos suficientes en materia de seguridad y protección radiológica así como otros requisitos sobre titulación académica y salud.

Las personas que van a dirigir el funcionamiento de instalaciones radiactivas deben estar en posesión de una licencia de supervisor. Para quienes vayan a operar directamente estas instalaciones la licencia será de operador. Y para las instalaciones de rayos x de usos médicos se requieren acreditaciones para dirigir u operar las mismas.

En el caso de las instalaciones radiactivas, las licencias de operador y supervisor se conceden por un periodo limitado de tiempo, transcurrido el cual debe procederse a su renovación. Las licencias se conceden a cada individuo con carácter personal e intransferible y con validez para un campo de aplicación (radioterapia, medicina nuclear, radiografía industrial, etc.). Posteriormente, cada licencia se registra en una instalación concreta en la que la persona que la obtuvo ejerce su actividad. En el caso de las instalaciones de radiodiagnóstico las acreditaciones son personales y no caducan.

Una vez obtenida la licencia, los operadores y supervisores son sometidos a programas continuos de actualización de su formación, supervisados por el CSN. Deben renovar su licencia cada seis años, acreditando ante el Consejo sus conocimientos, estado de salud y sus intervenciones en la operación de la central.

Para ampliar información sobre las licencias de personal de las instalaciones nucleares puede consultarse la sección: https://www.csn.es/seguridad-nuclear/licencias-de-personal?p_p_id=101_INSTANCE_Aw4yS8ZSub9r&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-2&p_p_col_count=2