

Guía del profesor

EL CSN y la PROTECCIÓN RADIOLÓGICA



“GUÍA DEL PROFESOR. EL CSN Y LA PROTECCIÓN RADIOLÓGICA”

El descubrimiento, a finales del siglo XIX, de la radiactividad y los rayos X supuso el origen de las actuales aplicaciones de las radiaciones ionizantes las cuales se extienden a todos los ámbitos y comportan beneficios, tanto individuales como a toda la sociedad, pero también llevó consigo el conocimiento de los daños a la salud que podían producir.

Como consecuencia de todo ello, se puso de manifiesto la necesidad de establecer medidas de protección, lo cual dio origen a la disciplina denominada *protección radiológica*, que comenzó a consolidarse a principios del siglo XX y fue adquiriendo relevancia hasta alcanzar el ámbito regulador a partir de las recomendaciones de la Comisión Internacional de Protección Radiológica.

En nuestro país se ha elaborado reglamentación específica sobre los requisitos de autorización de las instalaciones donde se utilizan las radiaciones ionizantes, así como sobre los principios y medidas de protección radiológica aplicables en dichas instalaciones y, en general, en cualquier actividad que pueda suponer un riesgo de exposición a las mencionadas radiaciones.

El conocimiento de todo ello supone una necesidad fundamental en

nuestra sociedad y por ello, el Consejo de Seguridad Nuclear, organismo competente en materia de protección radiológica, ha realizado esta guía para acercar al profesorado la información en dicha materia.

El Instituto Superior de Formación del Profesorado tiene como misión fomentar acciones que puedan contribuir a la formación permanente del profesorado. Por tercer año consecutivo me cabe apoyar las guías para profesores que elabora el Consejo de Seguridad Nuclear, con quien el Insituto viene realizando actividades periódicas de formación y divulgación en los últimos años.

La guía, al tiempo que facilita al profesor recursos didácticos para trabajar en las aulas, es accesible para el alumno, no sólo en cuanto a contenidos sino también en el lenguaje utilizado y los medios gráficos empleados para ilustrar sobre esta materia.

Espero que a través de la presente guía el profesor obtenga una visión global acerca de los usos de las radiaciones ionizantes, las medidas de protección radiológica aplicables y las funciones y actividades del CSN para proteger a los trabajadores la población y el medio ambiente de los efectos nocivos de las radiaciones ionizantes.

Antonio Moreno González

*Director del Instituto Superior de Formación del Profesorado
Ministerio de Educación y Ciencia.*



Por tercer año consecutivo y dentro del marco que ofrece el Convenio de Colaboración firmado con el Ministerio de Educación y Cultura, el Consejo de Seguridad Nuclear publica una “Guía del Profesor” dedicada esta vez a la protección radiológica.

El Consejo de Seguridad Nuclear tiene la obligación de informar a la opinión pública sobre sus funciones en Seguridad y Protección Radiológica.

La radiactividad está en todas partes, una parte importante existe naturalmente, y otra, mucho menor, se produce por procedimientos artificiales y el CSN es el encargado de vigilar para que la utilización de las radiaciones se haga sin riesgo para las personas y el medio ambiente.

El contenido de la guía abarca desde el concepto de la protección radiológica y el conocimiento de funcionamiento de una instalación

radiactiva, a los distintos usos de las radiaciones que se hacen y por último a las responsabilidades del Consejo de Seguridad Nuclear en protección radiológica a los trabajadores, la población y el medio ambiente.

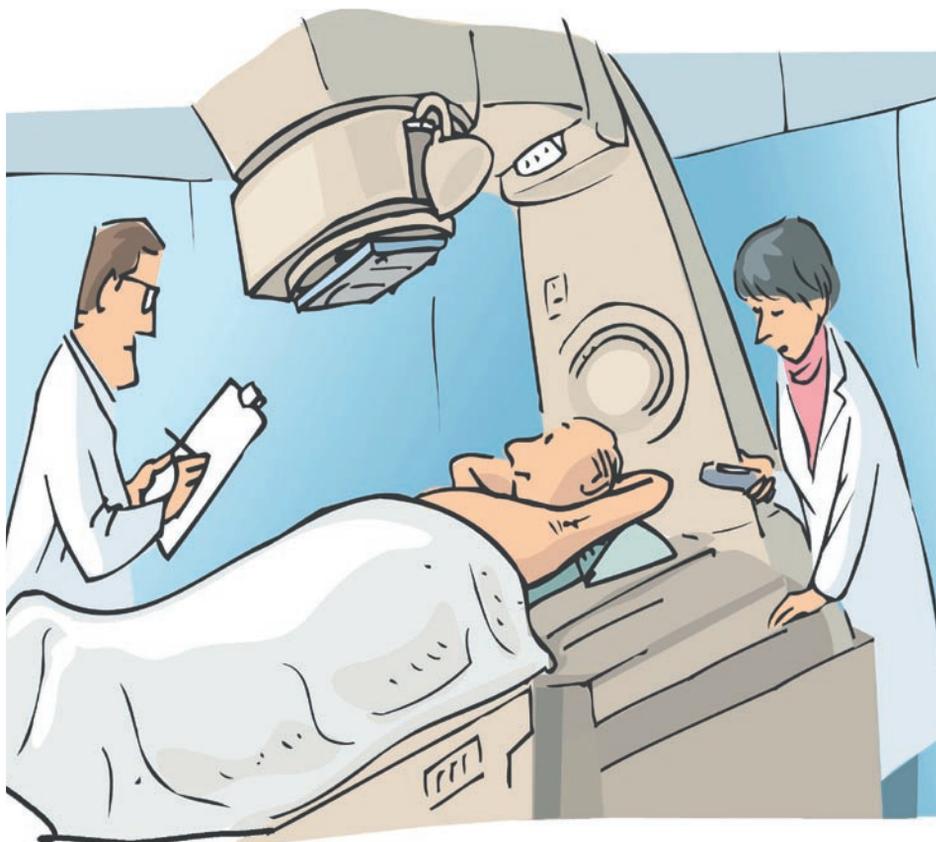
Con esta guía los profesores podrán conocer y transmitir al alumnado información sobre las medidas que están previstas para la protección radiológica.

Una vez más el CSN quiere agradecer la colaboración prestada por el Ministerio de Educación y Ciencia a través del Instituto de Formación del Profesorado, para la elaboración de esta guía, así como el apoyo que en ellos hemos encontrado para acceder al colectivo de educadores, en cuyas manos está el transmitir esta información en la práctica de sus programas escolares y que cada día muestra más interés en estas materias.

SUMARIO

1. ¿QUÉ ES LA PROTECCIÓN RADIOLÓGICA?	4
- TIPOS DE RADIACIÓN IONIZANTE	5
- ORIGEN DE LA RADIACIÓN IONIZANTE	6
- DOSIS DE RADIACIÓN	8
- INSTALACIONES RADIATIVAS	15
2. USOS DE LAS RADIACIONES	18
- MÉDICOS	19
- INDUSTRIALES	22
- INVESTIGACIÓN Y DOCENCIA	25
- OTROS USOS	26
3. EL CSN Y LA PROTECCIÓN RADIOLÓGICA	27
- PROTECCIÓN RADIOLÓGICA DE LOS TRABAJADORES	29
- PROTECCIÓN RADIOLÓGICA DE LA POBLACIÓN	33
- PROTECCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE	34
- COMUNICACIÓN EN MATERIA DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA	36

¿QUÉ ES LA PROTECCIÓN RADIOLÓGICA?



La protección radiológica es una actividad multidisciplinar de carácter científico y técnico que tiene como objetivo la protección de las personas y del medio ambiente contra los efectos perjudiciales que pueden resultar de la exposición a las radiaciones ionizantes.

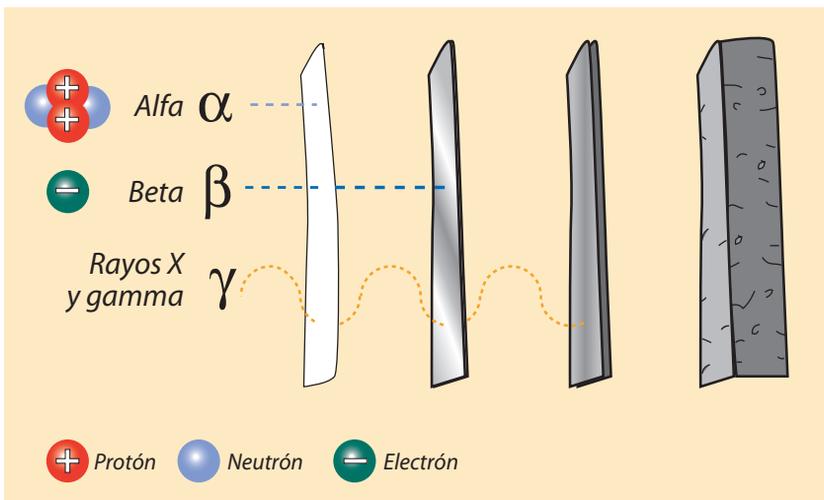
TIPOS DE RADIACIÓN IONIZANTE

La radiación es toda aquella energía que se propaga en forma de onda o partículas a través del espacio.

En el caso de las radiaciones ionizantes, se trata de partículas o fotones de muy alta frecuencia con la suficiente energía como para producir ionización (creación de partes eléctricamente cargadas, una positiva y una negativa), rompiendo los enlaces atómicos que mantienen a las moléculas unidas en las células electromagnéticas.

Hay diversos tipos de radiaciones ionizantes:

- **Radiación alfa:** Se trata de partículas que constan de dos protones y dos neutrones. Apenas tiene poder de penetración. Se frena en las capas exteriores de la piel y no es peligrosa, a menos que los elementos que la emiten se introduzcan directamente en el organismo por ingestión o inhalación.
- **Radiación beta:** Son electrones libres. Con mayor poder de penetración que la radiación alfa. Se introduce entre uno y dos centímetros en los tejidos vivos.
- **Radiación gamma.** Es una radiación electromagnética similar a los rayos X, pero más penetrante. Penetra profundamente en los tejidos pero libera mucha menos energía en los mismos que las alfa o las beta.



Tipos de radiación ionizante.

ORIGEN DE LA RADIACIÓN IONIZANTE

Las radiaciones ionizantes provienen de:

- FUENTES NATURALES

- **Radiación cósmica:** se genera en las reacciones nucleares que ocurren en el interior del Sol y en las demás estrellas, y son atenuadas por la atmósfera terrestre, por lo que su intensidad aumenta con la altitud. Por ejemplo, los pasajeros y la tripulación de un avión de un vuelo a gran altitud de 5.000 kilómetros recibirán una dosis de 0,03 mSv.
- **Radiación de la tierra:** depende de la concentración de radionucleidos en la corteza terrestre, y la exposición de las personas a esta radiación depende de la zona donde habiten.
- **El gas radón:** gas generado en la desintegración del uranio que se encuentra de forma natural en la tierra y que puede ser exhalado en el interior de viviendas. En el exterior, este gas, no presenta riesgo ya que se dispersa.



Los pasajeros de aviones o cohetes están más expuestos a la radiación cósmica.



El gas radón se concentra en el interior de las viviendas.

- **Radiaciones ionizantes naturales** que se encuentran en alimentos y agua de bebida. Por ejemplo casi todos los alimentos contienen potasio (elemento esencial para nuestro organismo que absorbe el que necesita) y parte de este es de naturaleza radiactiva debido a la presencia del radionucleido natural potasio-40.

Un 80% de la dosis media anual que recibe la población europea proviene de radiación natural.

• **FUENTES ARTIFICIALES**

- **Procedimientos médicos.** Es la principal fuente de radiación artificial de la población. (Radiografías, TAC, etc.). Por ejemplo en una radiografía de tórax el paciente recibe una dosis de unos 0,05 mSv.
- **Exposición profesional y del público** Como resultado del funcionamiento de las instalaciones nucleares y radiactivas.
- **Explosiones nucleares.** Por accidentes, acciones bélicas o experimentales.



Los usos médicos, las instalaciones nucleares y radiactivas o las explosiones nucleares son las fuentes de radiación artificial.

DOSIS DE RADIACIÓN

Las radiaciones ionizantes al incidir sobre el organismo humano pueden producir ciertos efectos. Para cuantificar estos efectos se utiliza una unidad que se llama dosis de radiación.

El sievert (Sv) es la unidad que mide la dosis de radiación, aunque es más frecuente hablar de la milésima parte de esta unidad, el milisievert ($1\text{mSv} = 0,001\text{ Sv}$). Para hacernos una idea de esta unidad un milisievert es la dosis de radiación cósmica que recibiría una persona que viviera 42 días en una zona de la cordillera del Himalaya que estuviera a 6.700 metros de altitud. Por ejemplo, un solo viaje en avión París-Nueva York ida y vuelta corresponde a una dosis recibida de 0,06 mSv.

Para la cuantificación de las radiaciones ionizantes se han establecido una serie de magnitudes y sus unidades correspondientes:

- **Actividad:** es una magnitud que determina la capacidad de los átomos para emitir un determinado tipo de radiaciones ionizantes. Su unidad es el Bequerelio (Bq) que se define como una desintegración (cambio) por segundo.
- **Dosis absorbida:** es la magnitud que determina la energía media absorbida en el medio por unidad de masa debida a la radiación que incide sobre él. Su unidad se llama Gray ($1\text{ Gy} = 1\text{ julio de energía absorbido por kilogramo de material}$).

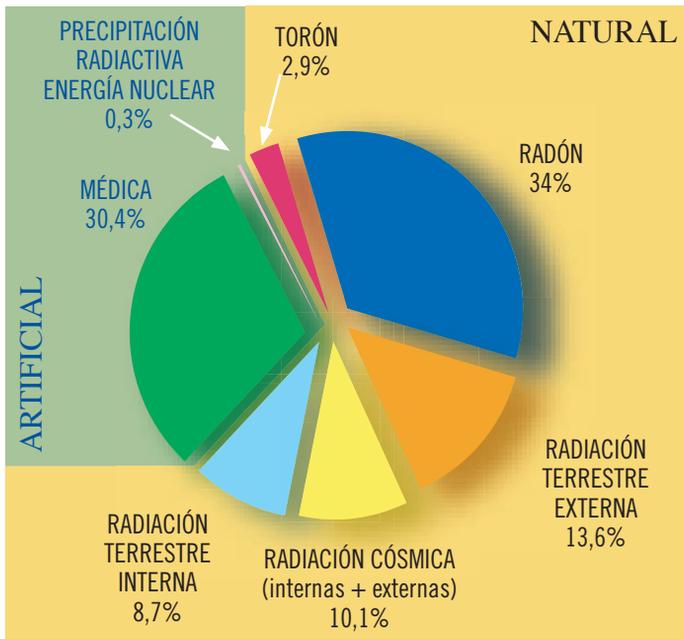
La dosis absorbida es insuficiente para expresar el efecto biológico que produce la radiación, ya que este depende de las características de la radiación y del tejido expuesto a la misma. Para tener en cuenta estas dos realidades se introducen dos nuevas magnitudes: dosis equivalente y dosis efectiva.

- **Dosis equivalente:** es la dosis absorbida en un órgano o tejido, ponderada en función del tipo y calidad de la radiación. Su unidad es el Sievert (Sv).
- **Dosis efectiva:** es la suma ponderada de las dosis equivalentes en los distintos órganos y tejidos del cuerpo a causa de las irradiaciones internas y externas. Su unidad es también el Sievert (Sv).

En la legislación española se establecen los siguientes límites para la dosis de radiación:

1. Un límite de dosis efectiva de 1mSv/año para la población general y de 100 mSv de promedio en 5 años para las personas dedicadas a trabajos que implican una exposición a radiaciones, con un máximo de 50 mSv en un único año.
2. Un límite de dosis equivalente (órgano) de 150 mSv para el cristalino (ojo) y 500 mSv para la piel.

Contribución de las distintas fuentes de exposición (de origen natural y artificial) a la dosis recibida por la población



- Normas internacionales de protección radiológica:

Visto que la exposición a la radiación puede resultar perjudicial para el ser humano, es lógico establecer unas normas de protección con objeto de minimizar la ocurrencia de efectos adversos para la salud; en el desarrollo de dichas normas están implicadas un conjunto de organizaciones internacionales:

- **La Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP)**, autoridad científica independiente que, desde 1928, reúne a médicos, biólogos y físicos de todo el mundo y que tiene asignada la misión de establecer las bases científicas y la doctrina y principios en que se sustenta la protección radiológica.
- **El Comité Científico de Naciones Unidas sobre los Efectos de las Radiación Atómicas (UNSCEAR)**, creada en 1955 en el seno de la ONU con el fin de reunir la mayor cantidad de datos sobre los niveles de exposición procedentes de las diversas fuentes de radiaciones ionizantes y sus consecuencias biológicas, sanitarias y medioambientales. Reúne a científicos procedentes de 21 países.
- **El Organismo Internacional de la Energía Atómica (OIEA)**, que forma parte de la ONU y que, sobre la base de las recomendaciones elaboradas por la ICRP, desarrolla normas internacionales de protección radiológica que sirven de base a las normas nacionales de sus Estados Miembros.
- **La Unión Europea (UE)** que, también sobre la base de las recomendaciones elaboradas por la ICRP, desarrolla sus propias normas, que son de obligado cumplimiento para sus Estados Miembros.

En España, el Consejo de Seguridad Nuclear es el único organismo con competencias en materia de seguridad nuclear y protección radiológica, rinde cuentas directamente al Congreso y al Senado, asesora a las Cortes, Gobierno, Tribunales de Justicia y autoridades autonómicas y locales, e informa al público.

En nuestro país, las normas de protección de las personas frente a las radiaciones ionizantes figuran en el *Reglamento sobre Protección Sanitaria contra Radiaciones ionizantes* (Real Decreto 783/2001, de 6 de julio, por el que se aprueba el *Reglamento sobre protección sanitaria contra radiaciones ionizantes*. Publicado en el BOE (26/07/2001).

- Principios de protección radiológica:

Las normas de protección radiológica se sustentan en los siguientes principios:

- **Justificación:** Toda actividad que implique el uso de radiaciones ionizantes estará debidamente justificada en base al beneficio que la misma produzca tanto para los individuos expuestos a dichas radiaciones como para la sociedad en general.
- **Optimización:** Las dosis de radiación y el número de personas expuestas a ellas se mantendrán en los niveles mas bajos razonablemente posibles teniendo en cuenta los factores económicos y sociales aplicables.
- **Limitación:** Las dosis de radiación estarán en cualquier caso por debajo de los límites de dosis legalmente establecidos.



En España, el CSN es el único organismo con competencias en materia de protección radiológica que informa directamente al Congreso y al Senado.

- Efectos de la radiación:

El sistema de protección radiológica vigente se basa en la hipótesis prudente de que incluso dosis muy bajas de radiación son susceptibles de provocar efectos en el organismo.

Debe tenerse en cuenta que la misma cantidad de radiación produce distinto daño en cada tipo de tejido biológico, y que este daño depende del tipo de radiación de que se trate, además los distintos órganos y tejidos del cuerpo humano tienen diferente sensibilidad y son dañados de forma distinta por un mismo tipo de radiación.

Los efectos de la radiación pueden ser inmediatos o retardados:

- **Inmediatos:** El daño inmediato causado por las radiaciones ionizantes es proporcional a la cantidad de energía de radiación absorbida por encima de un valor determinado. La gravedad del daño depende también del tipo de radiación y del tejido expuesto. Si las dosis absorbidas son superiores a 0,5 gray y se reciben en un breve periodo de tiempo, al cabo de dos o tres meses de exposición se producen los efectos inmediatos. Estos efectos que generalmente resultarán de la muerte de células se conocen como efectos deterministas: se producirán daños en el aparato digestivo, con vómitos a las pocas horas y puede verse afectada la sangre y apreciarse un enrojecimiento de la piel. En dosis superiores a 3 a 5 gray resultan mortales para el 50%, aproximadamente, de las personas expuestas.

- **Retardados:** Aunque se eviten los efectos inmediatos, los tejidos de la persona expuesta pueden haber recibido un daño suficiente para producir efectos retardados, que se manifestarán muchos años después de la exposición. El cáncer es el más significativo de estos efectos.

- **Medidas prácticas de protección radiológica:**

En la práctica y con objeto de controlar la exposición a las radiaciones se aplican una serie de medidas que varían según exista (o no) contaminación radiactiva en el ambiente. Cuando no existe contaminación radiactiva y, por tanto, el único riesgo es el de la irradiación externa al organismo, estas medidas consisten en:

- Limitar el tiempo de exposición a las radiaciones.
- Mantenerse alejado de la fuente de radiación.
- Interponer blindajes entre la fuente de radiación y las personas.

Cuando existe contaminación radiactiva en el ambiente hay que aplicar medidas adicionales con objeto de evitar la dispersión de la contaminación, o que esa contaminación pueda pasar a la piel o al interior del organismo de las personas. Estas medidas se refieren a:

- Utilizar medios de confinamiento (sistemas de ventilación, cajas de guantes).
- Aplicar técnicas de descontaminación.
- Utilizar vestuario de protección y equipos de protección respiratoria.
- Evitar actividades (comer, beber, fumar) que pudieran dar lugar a la incorporación al interior del organismo de la contaminación existente en el ambiente.

Por otra parte, las personas que, por su trabajo, están en contacto con radiaciones ionizantes suelen llevar dosímetros que miden la cantidad de radiación a la que están siendo sometidas para poder asegurar que la dosis es inferior a la establecida legalmente y, en caso de accidente, conocer el alcance del mismo.

Finalmente, existen unas normas generales de protección que deben ser establecidas y aplicadas en cualquier instalación radiactiva:

- **Delimitación de zonas:** El espacio en el que existan generadores de radiación o donde se manipulen o almacenen materiales radiactivos, debe estar perfectamente delimitado y señalizado. Los reglamentos establecen los criterios de clasificación de zonas y el tipo de señalización a utilizar en cada una de ellas. El acceso a dichas zonas ha de estar regulado para que sólo puedan acceder a las mismas las personas estrictamente necesarias y con los conocimientos adecuados.
- **Formación del personal:** Los trabajadores profesionalmente expuestos y toda aquella persona que ocasionalmente pueda estarlo han de recibir una adecuada formación sobre los efectos de la radiación, las normas de protección, las precauciones a tomar durante el trabajo, el conocimiento y uso de los equipos y medios de protección personal, la actuación en caso de emergencia y las responsabilidades que se derivan de su puesto con respecto a la protección radiológica.
- **Vigilancia médica:** Todo el personal profesionalmente expuesto debe someterse a vigilancia sanitaria basada en los principios generales de Medicina del trabajo.

INSTALACIONES RADIATIVAS

Las instalaciones radiactivas son los locales, laboratorios o fábricas en los que se manipulan, tratan, almacenan o producen materiales radiactivos; los aparatos productores de radiaciones ionizantes y, en general, cualquier clase de instalación que contenga un emisor de radiación ionizante. Las instalaciones radiactivas se dividen en tres categorías en función del riesgo radiológico asociado a los equipos o materiales radiactivos que utilizan o almacenan:

- **Primera categoría:** Son las instalaciones radiactivas del ciclo de combustible nuclear (fábricas de producción de uranio, torio y sus compuestos y fábricas de producción de elementos combustibles de uranio natural), así como las instalaciones industriales de irradiación.
- **Segunda categoría:** Son las instalaciones donde se manipulan o almacenan nucleidos radiactivos cuya actividad total corresponda a los valores especificados en el anexo I del *Real Decreto 1836/1999*; las instalaciones que utilicen aparatos de rayos X que puedan funcionar con una tensión superior a 200 kV; y los aceleradores de partículas e instalaciones donde se utilicen fuentes de neutrones.
- **Tercera categoría:** Son las instalaciones donde se manipulan o almacenan nucleidos radiactivos cuya actividad total corresponda a los valores especificados en el Anexo I del *Real Decreto 1836/1999*; la administración de sustancias radiactivas a personas con fines de diagnóstico, tratamiento o investigación; y las instalaciones en las que se utilicen aparatos generadores de rayos X cuya tensión sea inferior a 200kV.



Las centrales nucleares se clasifican como instalaciones radiactivas de primera categoría.

Evolución del número de instalaciones radiactivas autorizadas en España						
Categoría	Campo aplicación	2001	2002	2003	2004	2005
1 ^a	Irradiación	1	1	1	1	1
	Subtotal	1	1	1	1	1
2 ^a	Comercialización	54	55	55	55	49
	Investigación y docencia	82	78	80	82	84
	Industria	565	573	572	587	600
	Medicina	259	258	262	270	276
	Subtotal	960	964	969	994	1.009
3 ^a	Comercialización	18	18	24	16	12
	Investigación y docencia	82	86	94	88	90
	Industria	165	188	182	161	145
	Medicina	82	80	98	70	66
	Subtotal	347	350	384	335	313
	Rayos X médicos	20.208	21.884	22.947	24.069	25.225
	Total	21.516	23.199	24.301	25.399	26.545

Todas las instalaciones radiactivas requieren autorización de funcionamiento y en su caso autorización de modificación o cambio de titularidad emitidas por la autoridad competente (Ministerio de Industria o Autoridad de Industria de las Comunidades Autónomas con informe del CSN).

En las autorizaciones se indican las condiciones a las que de forma obligatoria debe someterse la explotación de la instalación.

Antes de iniciar las operaciones las instalaciones están obligadas a una inspección que será realizada por el personal facultativo del CSN. Asimismo el CSN realiza inspecciones anuales para el control de funcionamiento de las instalaciones autorizadas.

Distribución de las instalaciones radiactivas autorizadas en las distintas comunidades autónomas (2005)

Comunidad autónoma	Instalaciones radiactivas de 2ª categoría					Instalaciones radiactivas de 3ª categoría					Total instalaciones por autonomía	Rayos X por autonomía
	C	D	I	M	Total 2ª	C	D	I	M	Total 3ª		
Andalucía	1	9	73	42	125	1	22	21	8	52	177	4.216
Aragón	1	1	28	9	39	-	2	9	1	12	51	683
Asturias	-	1	20	7	28	-	1	2	4	7	35	647
Baleares	-	1	4	6	11	-	-	2	1	3	14	565
Canarias	-	2	17	9	28	-	3	-	1	4	32	864
Cantabria	-	1	10	3	14	-	2	5	-	7	21	330
Castilla-La Mancha	-	1	29	8	38	-	-	1	2	3	41	902
Castilla y León	-	5	36	17	58	-	4	6	2	12	70	1.339
Cataluña	16	20	110	54	200	4	17	21	14	56	*257	4.305
Extremadura	-	1	10	5	16	-	1	2	2	5	21	491
Galicia	1	6	28	13	48	-	-	3	2	5	53	1.676
Madrid	28	29	76	54	187	7	21	29	16	73	260	3.740
Murcia	-	-	15	5	20	-	1	3	1	5	25	778
Navarra	-	1	20	4	25	-	2	2	1	5	30	339
País Vasco	1	-	70	11	82	-	8	27	3	38	120	1.517
Rioja	-	-	2	2	4	-	-	1	-	1	5	190
Com. Valenciana	1	6	52	27	86	-	6	11	8	25	111	2.615
Ceuta	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17
Melilla	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8

C: Instalaciones radiactivas comerciales.
 D: Instalaciones radiactivas de investigación y docencia.
 I: Instalaciones radiactivas industriales.
 M: Instalaciones radiactivas médicas.
 *Se incluye una instalación industrial de 1ª categoría.

Concesión de autorizaciones de instalaciones por parte del CSN (2005)

Autorización	Industria			Medicina		Investigación y docencia		Comercialización	
	1ª	2ª	3ª	2ª	3ª	2ª	3ª	2ª	3ª
Funcionamiento	-	28	3	19	-	3	1	2	-
Clausura	-	21	15	6	5	1	3	2	2
Modificación	1	105	13	87	1	14	11	12	2
Totales	1	154	31	112	6	18	15	16	4

EL USO DE LAS RADIACIONES IONIZANTES

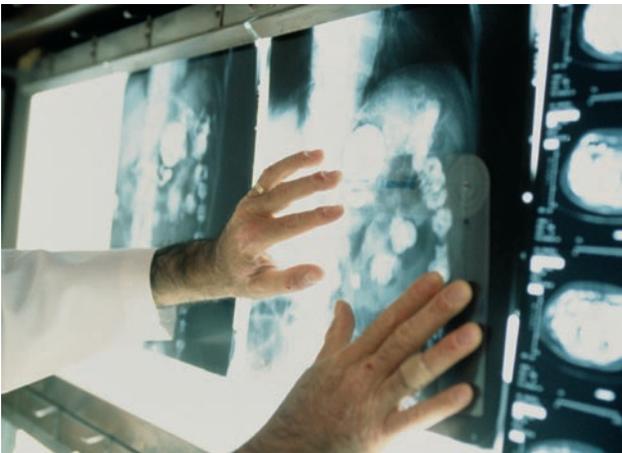


Equipo de tomografía computarizada.

USOS MÉDICOS

En medicina, los rayos X permiten obtener radiografías para el diagnóstico de lesiones y enfermedades internas; se utilizan radioisótopos para obtener imágenes detalladas de estructuras internas y estudiar el metabolismo; existen radiofármacos para tratar diversas afecciones (por ejemplo de la glándula tiroides) y el cáncer; se usan haces externos de fotones o electrones en el tratamiento del cáncer, etc. En resumen, podemos destacar las siguientes aplicaciones médicas de las radiaciones ionizantes:

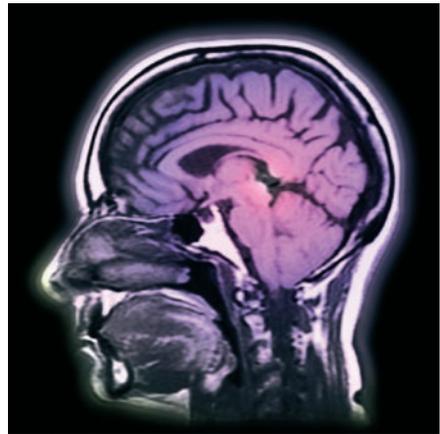
- **Radiodiagnóstico:** Es el conjunto de procedimientos de exploración y visualización de las estructuras anatómicas del interior del cuerpo humano de las que se obtiene una imagen mediante la utilización de los rayos X, por eso a estas aplicaciones se consideran incluidas en las denominadas “técnicas de imagen”. Dentro de estas técnicas encontramos:
 - **La radiografía convencional:** Donde el receptor de la imagen es una placa fotográfica. Dentro de la radiografía convencional existen distintos tipos de exámenes radiológicos (tórax, abdomen, columna, mamografía, dentales, etc.).
 - **Fluoroscopia:** La imagen se visualiza a través de un dispositivo intensificador y un monitor de televisión. Como en ocasiones interesa observar regiones anatómicas cuya densidad es muy semejante a la zona que la circunda, se suelen utilizar contrastes (por ejemplo de bario o yodo) para visualizarlo mejor.



- **Tomografía computarizada:** Se obtienen cortes transversales del cuerpo humano que tratados informáticamente generan imágenes en tres dimensiones, muy importantes para el estudio de huesos, nervios y patologías que antes no se podían diagnosticar con la radiología convencional.
- **Radiología intervencionista:** Es una rama de la radiología que consiste en el seguimiento visual de procedimientos quirúrgicos mínimamente invasivos, utilizados fundamentalmente en patologías en el sistema vascular y cardiaco.
- **Radiología digital:** Consiste en el tratamiento digital de las imágenes radiográficas.



Distintas aplicaciones médicas de las radiaciones ionizantes



- **Radioterapia:** Su objetivo es la destrucción de células y tejidos tumorales mediante elevadas dosis de radiación. Para irradiar lo menos posible a los tejidos sanos circundantes al tumor se debe hacer una planificación individualizada del paciente utilizando simuladores para la toma de datos y planificadores que permiten la distribución de la dosis y de la zona a irradiar en una imagen tridimensional.
- **Medicina nuclear:** La medicina nuclear es una especialidad médica que incluye la utilización de material radiactivo en forma no encapsulada para diagnóstico, tratamiento e investigación. La generación de imágenes en la medicina nuclear es una combinación de muchas disciplinas diferentes, incluyendo la química, la física, las matemáticas, la tecnología de computadoras y la medicina. Radioinmunoanálisis: Es una técnica analítica de laboratorio que se utiliza para medir la cantidad y concentración de numerosas sustancias (hormonas, fármacos, etc.) en muestras biológicas del paciente obtenidas previamente. Se utiliza tanto en diagnóstico clínico como en investigación biológica.

Radiaciones ionizantes utilizadas en radioterapia y modalidades de tratamiento		
Radiación y equipos o radionucleidos	Modalidad	Energía
Rayos X Equipos de rayos X	Radioterapia convencional	De 50 a 300 kV Muy poco utilizada
Rayos X Aceleradores	Radioterapia externa (Teleterapia)	Lo más habitual hasta 25 MeV
Radiación γ Cobalto-60	Radioterapia externa Telegammaterapia	1,33 y 1,77 MeV
Electrones Aceleradores	Radioterapia externa	Lo más habitual hasta 25 MeV
Emisión β^- , γ Iridio-192	Braquiterapia	Máxima energía γ 605 KeV
Emisión β^- , γ Cesio-137	Braquiterapia	Máxima energía γ 605 KeV

USOS INDUSTRIALES

Las aplicaciones de las radiaciones ionizantes en el campo de la industria son muchas y muy variadas. La industria aprovecha la capacidad que las radiaciones tienen para atravesar los objetos y materiales y el hecho de que cantidades insignificantes de radionucleidos puedan medirse rápidamente y de forma precisa proporcionando información exacta de su distribución espacial y temporal.

Algunas de las aplicaciones más significativas de las radiaciones ionizantes en la industria son:

- **Medida de espesores y densidades.** Por ejemplo, en la fabricación de láminas metálicas se utiliza la radiación gamma por su alto poder de penetración.
- **Medida de niveles.** Para controlar procesos de llenado de depósitos o envases que contengan líquidos, especialmente cuando estos son corrosivos o se encuentran a elevadas temperaturas y en todos aquellos casos en los que sea imposible aplicar dispositivos de contacto.

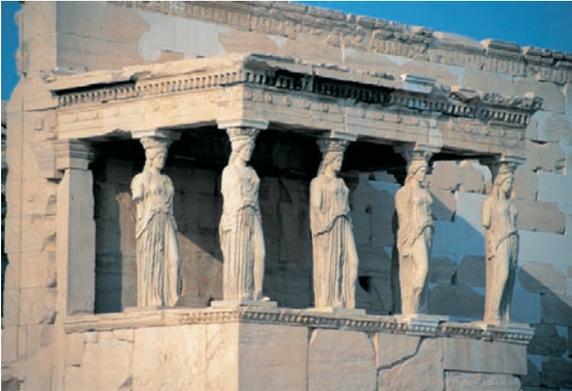


- **Medida del grado de humedad.** Muy útil para medir la humedad en materiales a granel (arena, cemento, etc.) y en la producción de vidrio y hormigón.
- **Gammagrafía o radiografía industrial.** Usada, por ejemplo, para verificar las uniones de soldadura en tuberías.
- **Control de seguridad y vigilancia.** Todos los detectores de seguridad de aeropuertos, correos, edificios oficiales, etc. utilizan los rayos X para escanear bultos o personas.
- **Detectores de humo.** Utilizados en sistemas de protección contra incendios.
- **Esterilización de materiales.** Partiendo de la acción bactericida de la radiación y utilizando fuentes encapsuladas (en las que el radionucleido está protegido de forma segura para que no se escape al exterior) de alta actividad y aceleradores de partículas. Muy utilizado en la industria farmacéutica y alimentaria.

Radiaciones ionizantes utilizadas en la industria

Radionucleidos	Tipo de emisión	Periodo de Semidesintegración	Aplicación
Cesio-137	β y γ	30 años	Gammagrafía industrial, esterilización de materiales, irradiación de alimentos. Para estas aplicaciones sólo se utiliza la radiación γ
Cobalto-60	β y γ	5,26 años	Gammagrafía industrial, esterilización de materiales, irradiación de alimentos. Para estas aplicaciones sólo se utiliza la radiación γ
Americio-241	α y γ	458 años	Detectores de humo
Radio-226/Berilio	α , β y γ^- neutrones	1.630 años	Medida de humedad
Americio-241/Berilio	α , β y γ^- neutrones	458 años - 53,3 días	Medida de humedad
Carbono-14	$^- \beta$	5730 años	Dataciones geológicas
Bario-133	γ	10 años	Medida de espesores de láminas de aluminio y cobre
Estroncio-90	$^- \beta$	25,5 años	Eliminación de electricidad estática

- **Eliminación de la electricidad estática.** Aprovechando la ionización que provocan las radiaciones en los medios que atraviesan. Muy útil en la industria textil, de plásticos, papel, vidrio, etc.
- **Datación.** Mediante el análisis del carbono-14 radiactivo podemos determinar con precisión la edad de diversos materiales. Esto, además de para la industria, es muy útil para la investigación histórica, el estudio del clima o la restauración pictórica y escultórica.
- **Detección de fugas.** Introduciendo radionucleidos en las canalizaciones.



Mediante las radiaciones ionizantes podemos conocer cosas tan dispares como la edad de edificios y esculturas clásicas o la existencia de fugas en canalizaciones.



USOS AGROALIMENTARIOS

También son muchas las aplicaciones de las radiaciones ionizantes en la agricultura y la alimentación. Así, por ejemplo, encontramos:

- **Determinación de la eficacia de absorción** de abono por las plantas para evitar el uso de fertilizantes químicos.
- **Optimizar los recursos hídricos.** Mediante el uso de sondas de neutrones se puede determinar la humedad de un terreno estableciendo así la cantidad de agua que le falta o le sobra para obtener una cosecha óptima, ahorrando con ello mucha agua.
- **Control de plagas** en determinadas áreas geográficas.
- **Alimentación.** Mediante la irradiación de rayos gamma y siempre bajo la supervisión de los organismos competentes y cumpliendo las normas establecidas se prolonga el periodo de conservación de determinados alimentos.

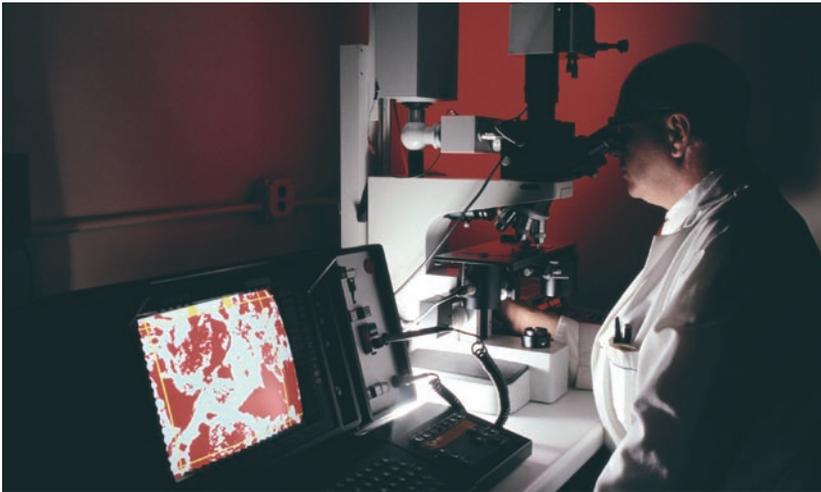


USOS EN INVESTIGACIÓN

El uso de las radiaciones ha supuesto un increíble avance en todo tipo de actividades de investigación tales como los estudios de Biología celular y molecular del cáncer, patologías moleculares, evolución genética, terapia genética, desarrollo de fármacos, etc.

En general la investigación emplea los radisótopos ensayando en laboratorio, a pequeña escala, el comportamiento de un proceso o actividad que posteriormente podrá aplicarse a gran escala.

En definitiva los numerosos usos de la radiación ionizante y de los materiales radiactivos mejoran la calidad de vida de la sociedad. Pero siempre se deben sopesar los beneficios de cada uso con sus riesgos que, como hemos visto, pueden afectar a los trabajadores, la población general, el medio ambiente o las futuras generaciones. Por tanto, y al margen de consideraciones políticas o económicas, los beneficios siempre deben superar a los riesgos cuando se trate de utilizar las radiaciones ionizantes.



EL CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR Y LA PROTECCIÓN RADIOLÓGICA



Las principales funciones del Consejo de Seguridad Nuclear están dirigidas a la seguridad nuclear por un lado, y a la protección radiológica, por otro.

En la presente publicación nos ocupamos más en profundidad de este último aspecto, no sin enumerar de forma resumida las actividades generales que realiza este organismo. Así, el CSN:

- Vigila el medio ambiente.
- Concede licencias de personal.
- Informa sobre proyectos de instalaciones.
- Controla el funcionamiento de las instalaciones.
- Actúa en caso de emergencia.
- Controla las dosis de los trabajadores.
- Realiza y promueve planes de investigación.
- Propone reglamentación y normativa.
- Informa a la opinión pública y a las Cortes.
- Mantiene relaciones con la Administración del Estado.
- Mantiene relaciones con otros organismos similares.

En lo referente exclusivamente a la protección radiológica la misión principal del CSN es la protección de los trabajadores, la población y el medio ambiente de los efectos nocivos de las radiaciones ionizantes.



Toma de muestras para medir la radiactividad medioambiental.

PROTECCIÓN DE LOS TRABAJADORES

En la aplicación de los tres principios del sistema de protección radiológica de los trabajadores, adquiere una especial relevancia el principio de optimización.

Mientras que el establecimiento de unos límites de dosis a los trabajadores asegura la protección frente a exposiciones intolerables, la aplicación del principio de optimización reduce tanto las exposiciones como el número de trabajadores expuestos a un valor tan bajo como sea razonablemente alcanzable, lo que supone la reducción de los riesgos a valores aceptables después de realizar una valoración frente a los beneficios obtenidos.

Las actividades que el CSN realiza en materia de protección de los trabajadores se basan en los siguientes principios:

- **Evaluación de las condiciones laborales** para determinar la naturaleza y grado del riesgo radiológico y asegurar la aplicación del principio de optimización (ALARA).
- **Clasificación y señalización de los lugares de trabajo** en diferentes zonas teniendo en cuenta la evaluación de las dosis anuales previstas, el riesgo de dispersión de contaminación y la probabilidad y magnitud de posibles exposiciones.
- **Clasificación de los trabajadores** en diferentes categorías según sus condiciones de trabajo. Para la adecuada consecución de un nivel óptimo de protección radiológica es necesario, además, el establecimiento de una organización y estructuras que permitan, dentro de la instalación, el cumplimiento de las normas recogidas en la legislación, contando para ello con medios adecuados y estableciendo responsabilidades a distintos niveles.



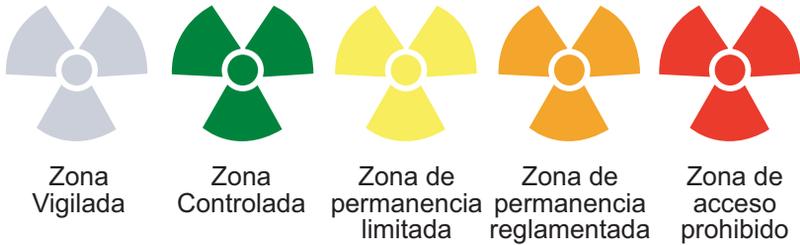
- **Establecimiento de programas de información y formación** en protección radiológica adecuados en función de la responsabilidad y riesgo de exposición a las radiaciones ionizantes en el puesto de trabajo. La formación de las personas encargadas de dirigir y operar las instalaciones se considera un elemento fundamental para conseguir que el funcionamiento de las instalaciones radiactivas se realice en condiciones de seguridad adecuadas, que garantice la protección de los trabajadores de las propias instalaciones y de los miembros del público.

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 concedida por el Consejo de Seguridad Nuclear.

Para la obtención de los distintos tipos de licencias que otorga el CSN se requiere que los solicitantes obtengan conocimientos suficientes en materia de seguridad y protección radiológica en general. Asimismo, se requiere un grado de conocimiento adecuado sobre funcionamiento, normas y procedimientos de actuación, riesgos existentes y medidas de protección de las instalaciones específicas en que van a realizar su actividad.



Todas aquellas personas que por su tipo de trabajo han de encontrarse en zonas radiológicamente contaminadas deben usar equipos protectores de aislamiento.



Señalización internacional de radiactividad.

Los solicitantes de licencias de personal del CSN deben demostrar que no poseen ningún impedimento desde el punto de vista médico para trabajar en presencia de radiaciones ionizantes. Para ello deben presentar un certificado de aptitud emitido por un servicio de prevención autorizado.

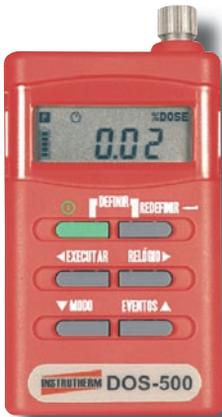
Las personas que van a dirigir el funcionamiento de instalaciones nucleares o radiactivas deben estar en posesión de una licencia de supervisor. Para quienes vayan a operar directamente estas instalaciones la licencia será de operador.

- **Aplicación de las normas y medidas de vigilancia y control** de las diferentes zonas y en las distintas categorías de trabajadores expuestos. Dentro de este apartado se incluye, cuando sea aplicable:
 - El control mensual de las dosis de radiación recibidas por los trabajadores expuestos mediante una vigilancia individual por medio de dosímetros físicos de carácter pasivo.
 - Control de posible incorporación de material radiactivo al organismo mediante detección externa y análisis de muestras biológicas.
 - Establecimiento de un historial dosimétrico en el que se registren las dosis recibidas. En 1985 el CSN acordó la implantación en España de un Banco Dosimétrico Nacional (BDN) en el que se centralizarían los historiales dosimétricos de todos los trabajadores profesionalmente expuestos en las instalaciones nucleares y radiactivas del estado español.
- **Vigilancia médica periódica** por servicios de prevención autorizados.

La protección radiológica de los trabajadores externos (trabajadores de contrata) con riesgo de exposición a las radiaciones ionizantes por intervención en zona controlada está regulada en España por el *Real Decreto 413/1997* que establece que las empresas a las que pertenecen estos trabajadores están obligadas a presentar una declaración de sus actividades, inscribiéndose en un registro creado al efecto por Resolución del Consejo de Seguridad Nuclear de 16 de julio de 1997.

Entre las responsabilidades de la empresa externa están:

- Asignar a cada trabajador el documento de seguimiento radiológico (carné radiológico) garantizando su actualización.
- Proporcionar a sus trabajadores información y formación en materia de protección radiológica exigidas en la ejecución de su trabajo.



El control de las dosis de radiación mediante dosímetros físicos de carácter pasivo y la formación son algunas de las medidas de protección radiológica de los trabajadores.

PROTECCIÓN DE LA POBLACIÓN

El Consejo de Seguridad Nuclear mantiene un estricto programa de vigilancia de todas y cada una de las instalaciones radiactivas mediante el que se garantiza que el funcionamiento de las mismas se ajusta a los criterios de seguridad. Además, y basándose en los criterios de seguridad, puede proponer en cualquier momento la paralización de actividades de estas instalaciones.

PROTECCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE

Su objeto es reducir el riesgo debido a la presencia de radiactividad en el medio ambiente. Entre las misiones encomendadas al CSN se encuentra la de supervisar las medidas de protección radiológica del medio ambiente, así como controlar y vigilar:

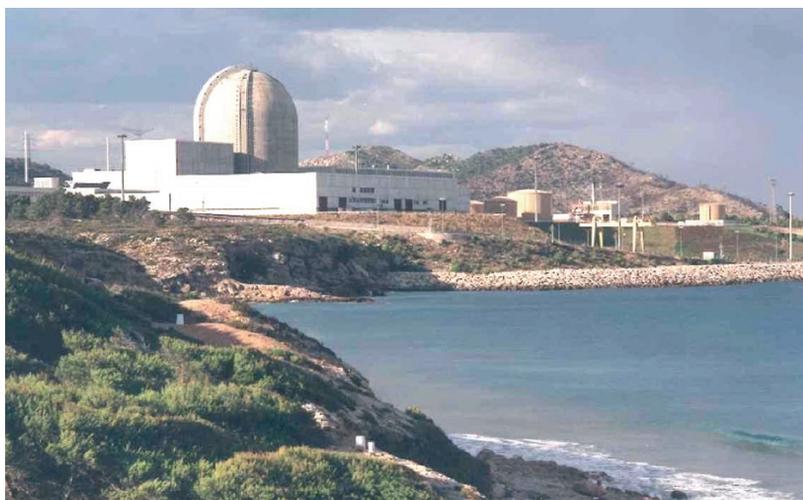
- Las descargas de materiales radiactivos al exterior de las instalaciones nucleares y radiactivas, y su incidencia en su zona de influencia; y estimar su impacto radiológico.
- La calidad radiológica del medio ambiente en todo el territorio nacional, en cumplimiento de las obligaciones internacionales de España en esta materia y colaborar con las autoridades competentes en los aspectos de vigilancia radiológica ambiental.



Sonda de medida de radiación gamma para medir la calidad radiológica del medio ambiente.

El CSN dispone de sus propios programas de vigilancia radiológica ambiental, y regula y supervisa las actividades de protección radiológica ambiental que se llevan a cabo en las instalaciones.

El Tratado Europeo EURATOM establece que los Estados Miembros tienen la obligación de crear las instalaciones necesarias para vigilar permanentemente el índice de radiactividad en la atmósfera, las aguas y los suelos. En España, dicha función está encomendada al CSN y la desarrolla de forma directa, mediante acuerdos con otras instituciones y requiriendo a los titulares de las instalaciones nucleares y radiactivas el desarrollo y mantenimiento de planes de vigilancia radiológica en el entorno de las mismas.





Interior de una estación radiológica automática de la red REVIRA

Así, existe en España un completo sistema de control ambiental integrado por dos redes de vigilancia radiológica; una establecida en torno a las centrales nucleares e instalaciones de ciclo de combustible nuclear y otra, llamada Red de Vigilancia Radiológica Ambiental (REVIRA) no asociada a instalaciones y que constituye un medio eficaz para conocer y controlar los niveles de radiactividad en todo el territorio nacional.

Esta red está constituida por otras dos redes:

- La Red de Estaciones Automáticas (REA) por la que el CSN mide de forma continua y en tiempo real la radiación gamma y la concentración radiactiva en el aire (radioyodos, radón y emisores alfa y beta), constituyendo un recurso de alerta en caso de incidente radiológico.
- La Red de Estaciones de Muestreo (REM) que permite la determinación en laboratorio de la concentración de radionucleidos en muestras de partículas de polvo en aire, suelo, agua potable, aguas continentales y marinas y alimentos.

Esta Red REVIRA se superpone a otras existentes como son las redes de vigilancia del aire que tienen establecidas las comunidades autónomas de Cataluña, Valencia y Extremadura; los programas de vigilancia radiológica ambiental (PVRA) establecidos en torno a las centrales nucleares; los Programas de Vigilancia Radiológica Independiente del CSN (PVRAIN) desarrollados sobre determinados puntos de muestreo del PVRA; o la red de alerta a la radiactividad (RAR) de la Dirección General de Protección Civil.

Toda esta vigilancia permite vigilar la calidad radiológica del medio ambiente en todo el territorio nacional e informar regularmente al Congreso, al Senado, a la UE y al público en general.

EL CSN INFORMA A LA OPINIÓN PÚBLICA SOBRE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

Como hemos visto en las dos “Guías del profesorado” publicadas anteriormente por el CSN (www.csn.es), el Consejo de Seguridad Nuclear tiene la obligación de informar a la opinión pública sobre sus funciones en seguridad nuclear y protección radiológica.

El Consejo utiliza todos los medios disponibles para realizar sus actuaciones en materia de comunicación que acerquen a la población la información sobre protección radiológica:

- Servicio de información a los medios de comunicación y a los ciudadanos particulares.
El servicio de atención a peticiones de información de los ciudadanos se presta a través del correo electrónico de consultas (comunicaciones@csn.es)
- Centro de Información: puede ser visitado solicitándolo al email (centroinformacion@csn.es)
- Actividad editorial: el CSN cuenta con un servicio gratuito de publicaciones que pueden ser solicitadas por cualquier persona que esté interesada (peticiones@csn.es)
- Página web: www.csn.es
- El CSN organiza diferentes conferencias de expertos de las que mantiene puntualmente informado **a través de su web**.

