

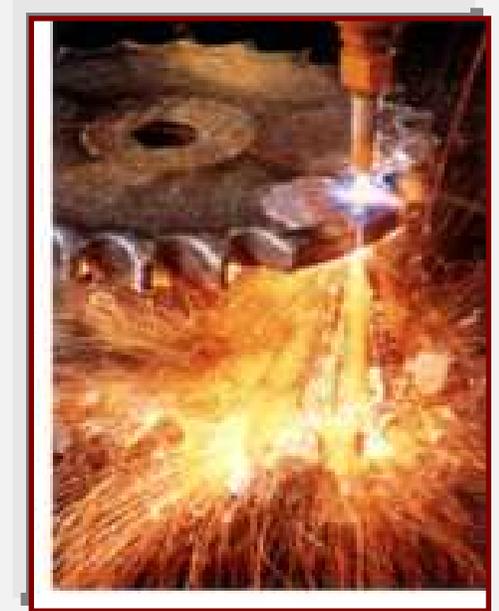
RADIACIONES IONIZANTES



Clara Guillén

CONTAMINANTE

Genéricamente hablando es un producto **químico**, una **energía** o un **ser vivo** presente en un medio laboral, que en **cantidad** o **concentración suficiente** pueden alterar la salud de las personas que entran en relación o contacto con él.



Clasificación de los contaminantes

ERGONÓMICOS

QUÍMICOS

- Gases
- Vapores
- Nieblas
- Materia particulada
- Humos
- etc.

FÍSICOS

- Ruido
- Vibraciones
- Ambiente térmico
- Radiaciones ionizantes
- Radiaciones no ionizantes
- Iluminación

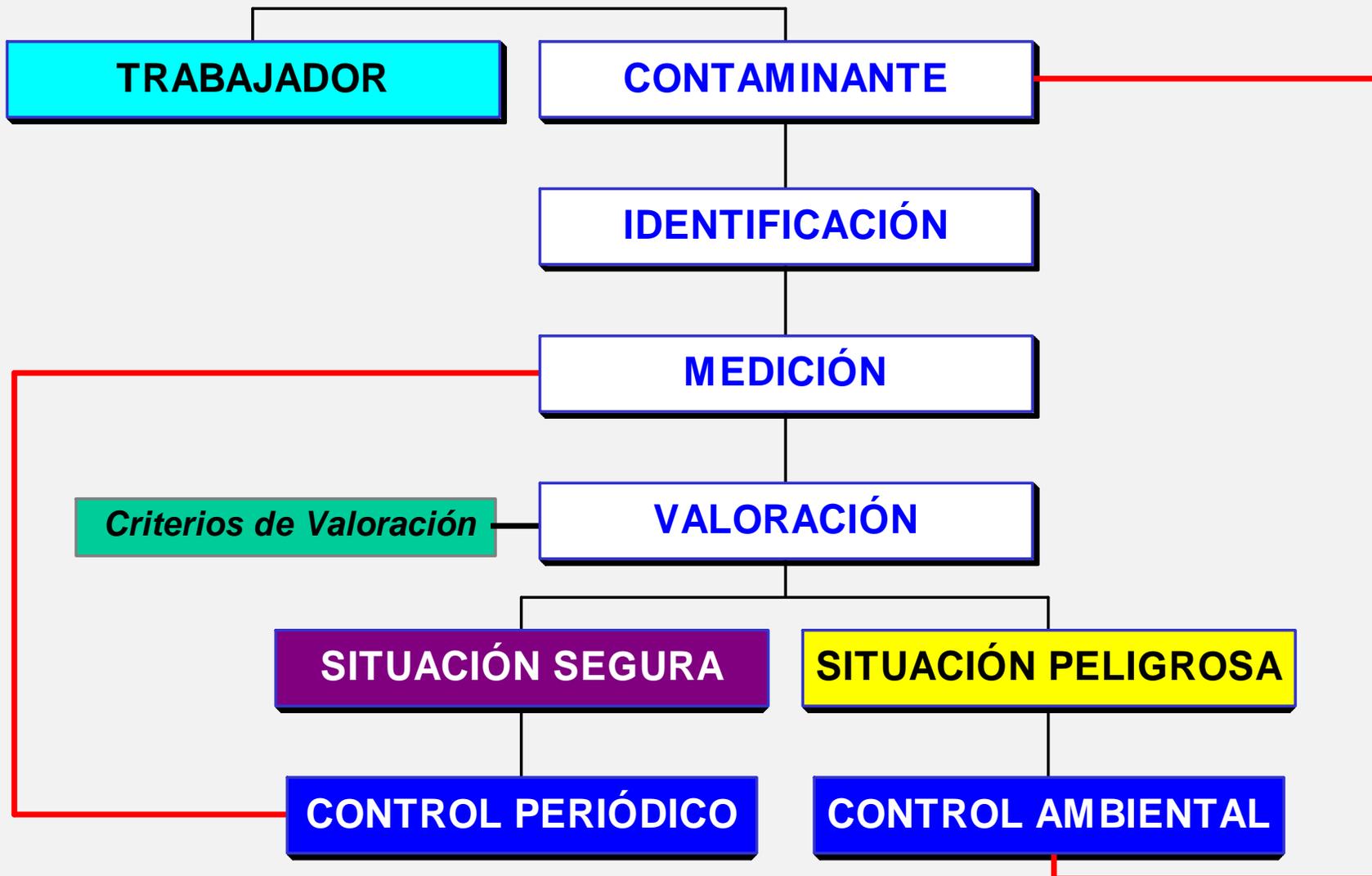


BIOLÓGICOS

- Microorganismos
- Bacterias
- Hongos



Esquema de actuación en higiene industrial



Contaminante físico

Lo constituyen los distintos **estados** o **formas energéticas** (calorífica, mecánica, electromagnética, etc.)

cuya presencia en el **ambiente de trabajo** y debido a sus esenciales diferencias originan **riesgos higiénicos** diferentes entre sí

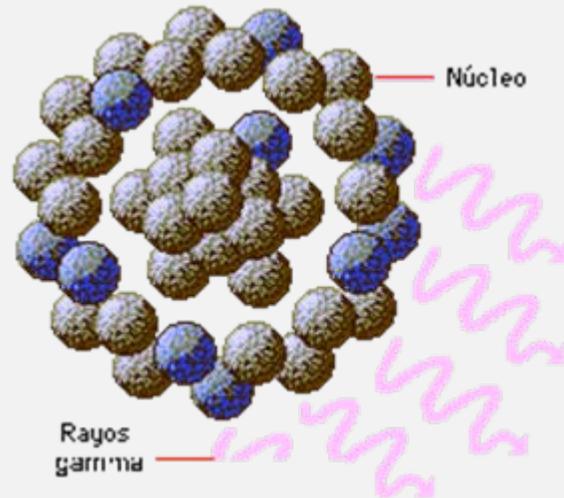
Ruido, vibraciones, calor, frío, radiaciones ionizantes y no ionizantes, etc.

Radiación

Es **toda emisión o transferencia de energía** en forma de ondas electromagnéticas o partículas

No ionizantes

- Ultravioletas.
- Luz visible.
- Infrarrojos.
- Microondas.
- Radiofrecuencias.
- Láser.

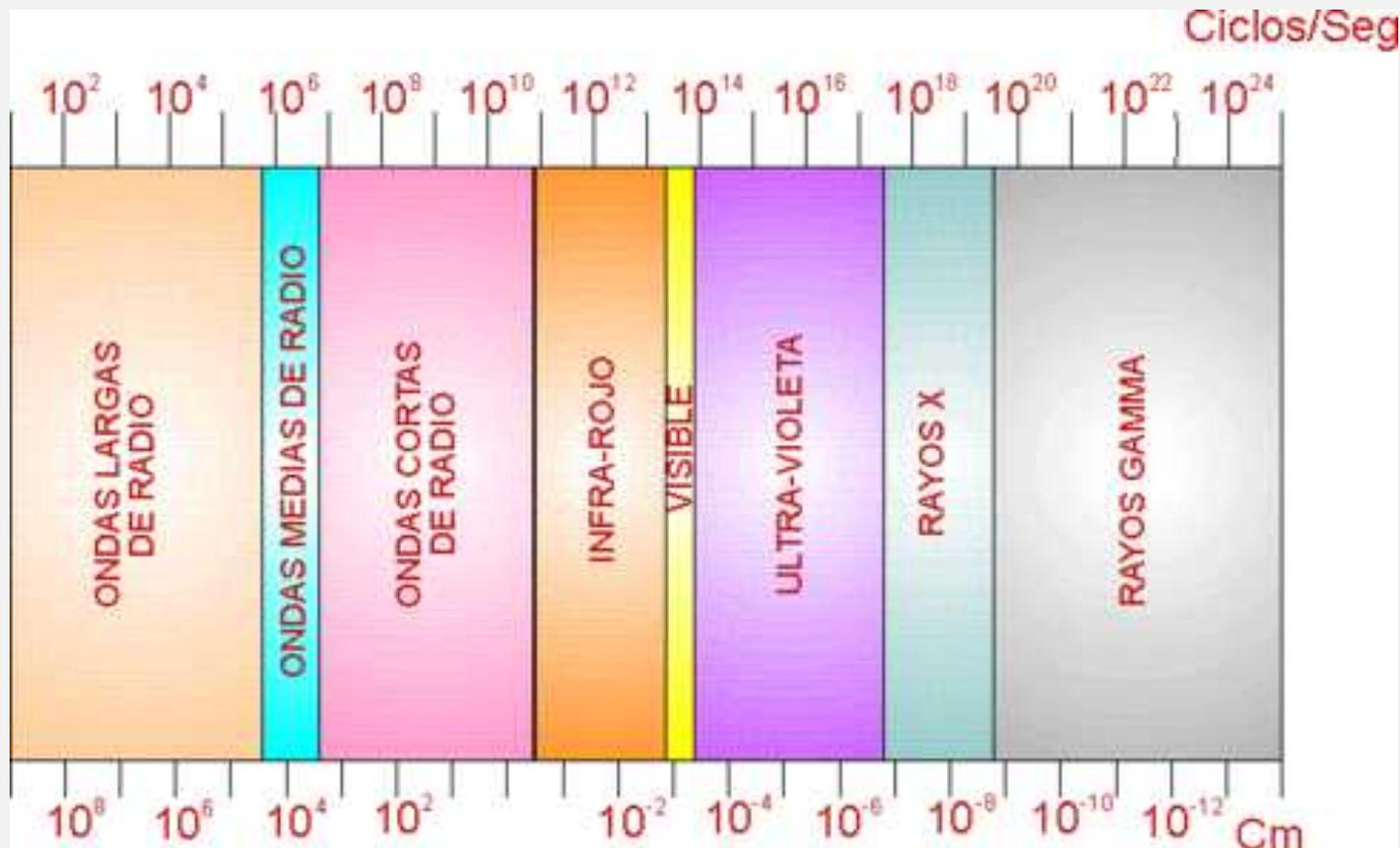


Ionizantes

- Corpusculares:
 - Rayos α
 - Rayos β
 - Protones
 - Neutrones
- Electromagnéticas:
 - Rayos γ
 - Rayos X

Espectro Electromagnético

Es el conjunto de **todas las formas de energía radiante** que existen en el Universo.



Radiación ionizante

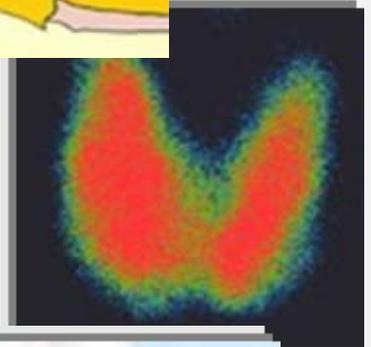
Es cualquier **radiación electromagnética** capaz de producir la **ionización** de manera directa o indirectamente, en su paso a través de la materia.

Átomo radiactivo



Procesos industriales generadores de radiaciones ionizantes

- Gammagrafía.
- Radiografía.
- Eliminación de la electricidad estática.
- Producción de energía eléctrica.
- Medicina nuclear.
- Tratamiento de alimentos.
- Detectores de humos.
- Producción de materiales luminiscentes.
- Tratamiento de plagas.
- Etc....



Aplicaciones de esta radiación ionizante

1. Energía
2. Industria
3. Investigación y docencia
4. Alimentación
5. Medicina
6. Otros

Uso como ENERGÍA

a) Centrales y reactores: 7 centrales operativas (9 reactores)

- potencia eléctrica de 7.353 MW
- $\approx 33\%$ de la demanda eléctrica en España.

Nueve reactores (7 centrales):

Almaraz 1 y 2, Ascó 1 y 2, Cofrentes, Zorita, Garoña, Trillo 1 y Vandellós 2

b) Instalaciones radiactivas:

- 1ª categoría (1): Irradiación Industrial.
- 2ª categoría (925): comercialización (44), investigación y docencia (80), industria (549), medicina (252).
- 3ª categoría (1296): comercialización (21), investigación y docencia (75), industria (182) y medicina (92).

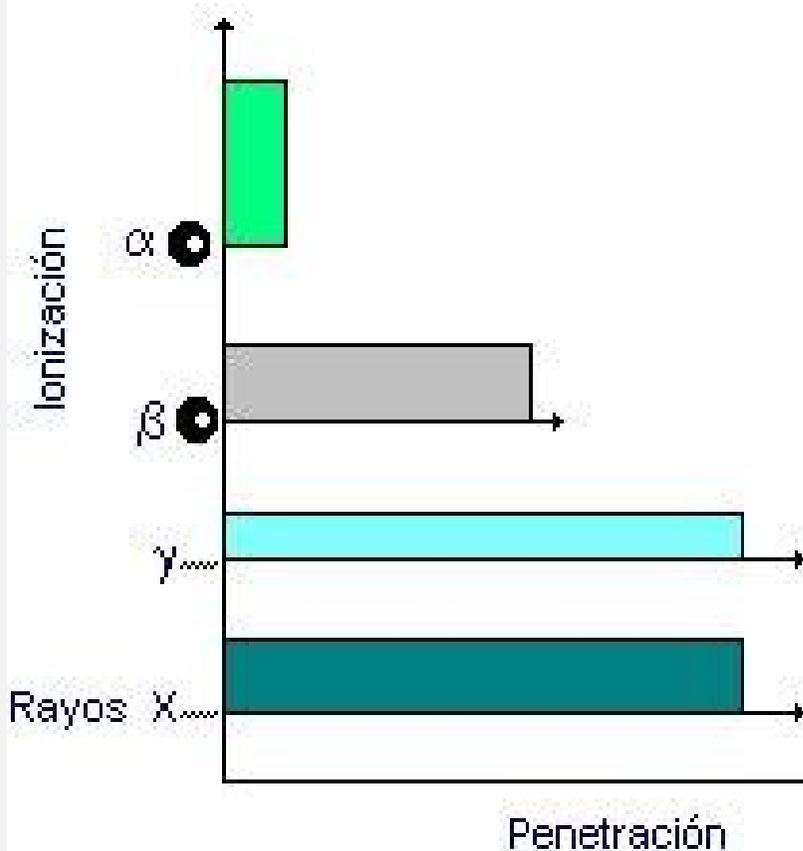
Uso en MEDICINA

- Diagnóstico:
 - Por imagen:
 - RX convencional y escáner (TAC, TC helicoidal, TACAR)
 - Densitometría
 - Gammagrafías, SPECT y PET
 - Por radioinmunoanálisis (RIA):
 - Mediciones de hormonas, enzimas, virus de la hepatitis, ciertas proteínas del suero, fármacos y variadas sustancias.
- Tratamiento:
 - Radioterapia.
 - Terapia metabólica con isótopos no encapsulados (MN).
- Otros:
 - Radiovacunas para enfermedades parasitarias del ganado.

Unidades de medida

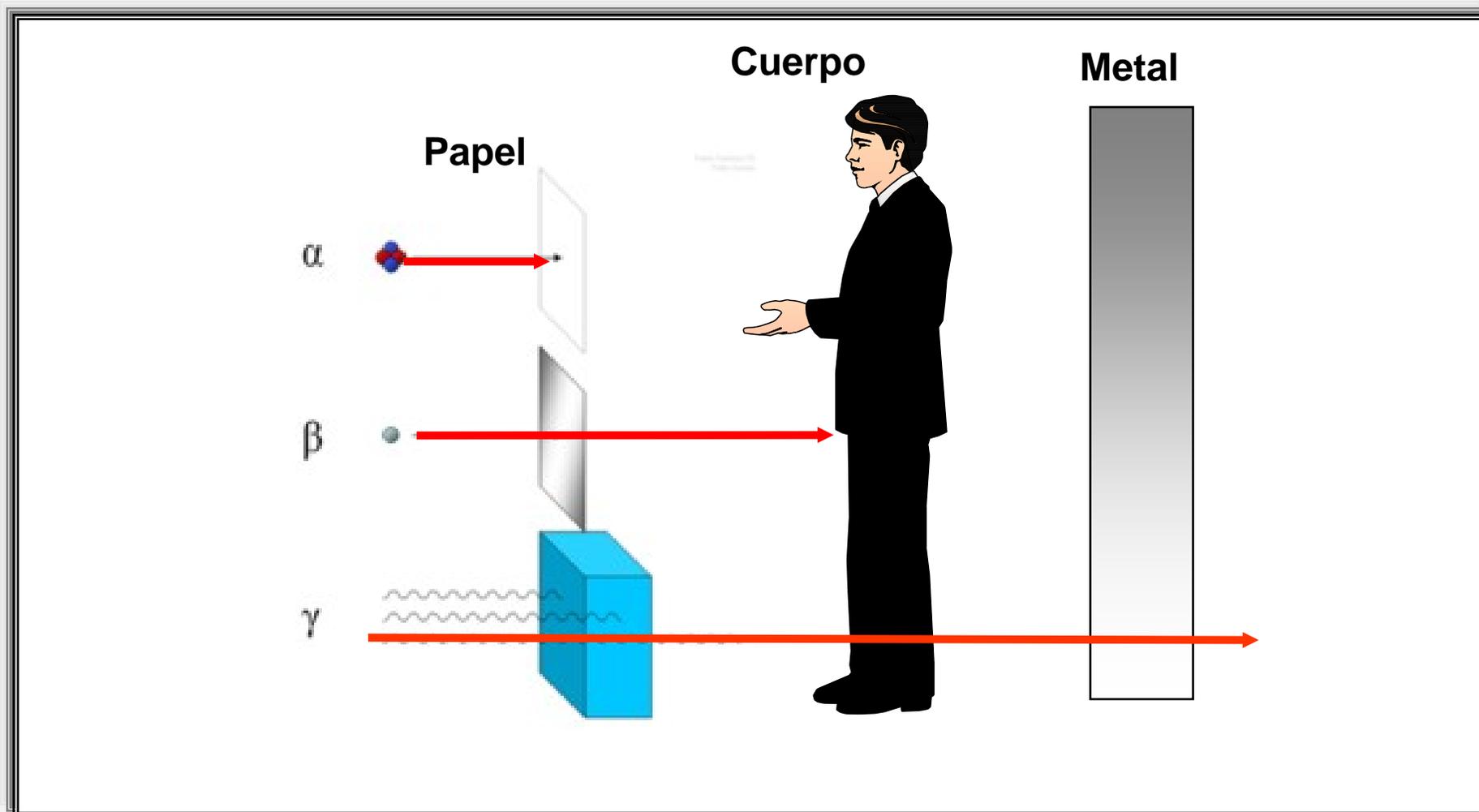
Unidades de Medida	Actual Unidad	Antigua Unidad	Correspondencia
Medida de la actividad de las fuentes radiactivas.	Bequerel (Bq)	Curio (Ci)	$1 \text{ Ci} = 3,7 \times 10^{10} \text{ Bq}$
Medida de "dosis absorbida".	Gray (Gy)	Rad	$1 \text{ Gy} = 100 \text{ Rad} = 1 \text{ Julio/Kg}$
Medida de "dosis equivalente" y de "dosis efectiva".	Sievert (Sv)	Rem	$1 \text{ Sv} = 100 \text{ Rem}$

Penetración y nocividad de las radiaciones ionizantes

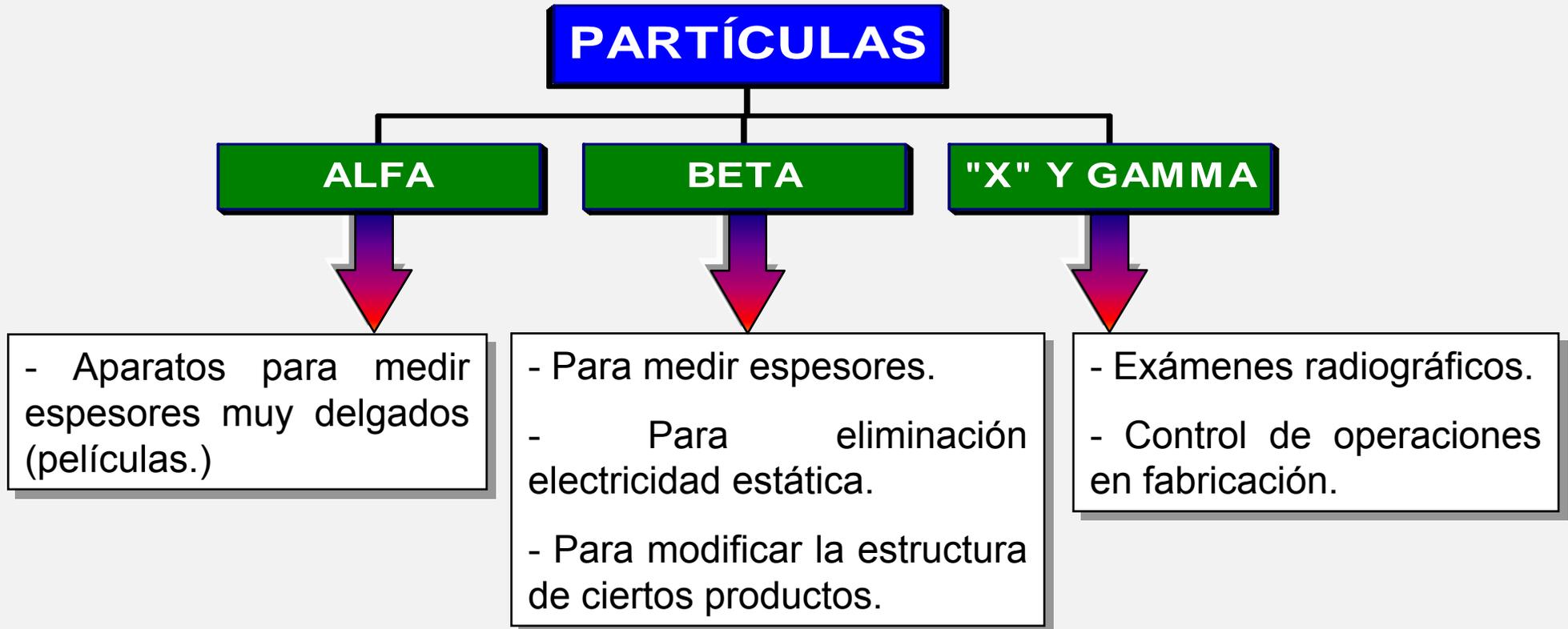


- ● : Corpusculares
- ~ : Electromagnéticas
- Partículas α : Penetración muy escasa. Ionización alta. Máxima importancia en contaminación.
- Partículas β : Penetración escasa. Mayor importancia en contaminación.
- Radiación γ : Gran penetración. Importancia en irradiación y contaminación.
- Rayos X : Gran penetración. Importancia en irradiación.

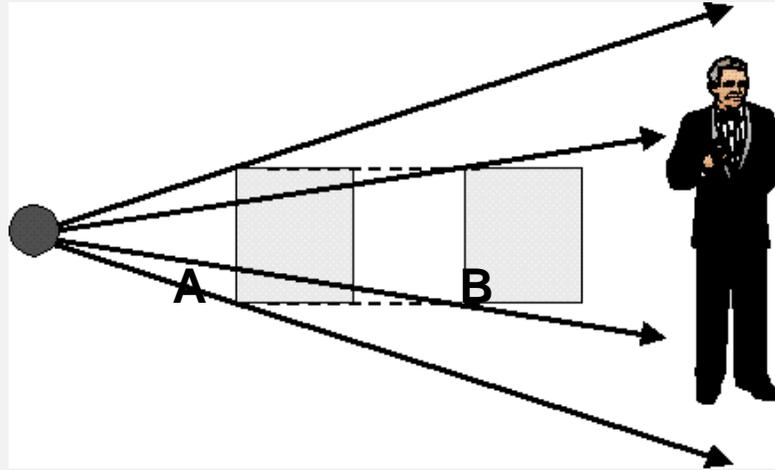
Penetración de las radiaciones ionizantes



Aplicaciones de las radiaciones ionizantes

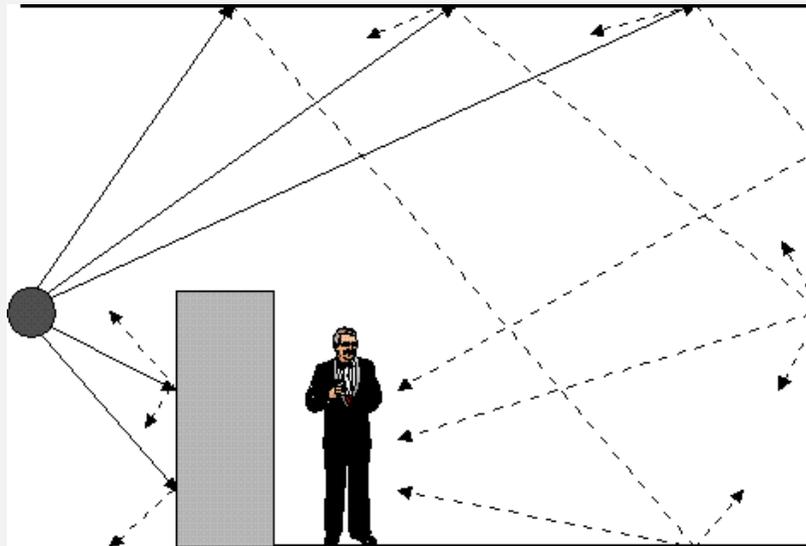


Fuente de radiación



El mismo blindaje, colocado en A, protege por entero al operador. Trasladado a B, sólo protege parcialmente.

Fuente de radiación



- Radiación Directa:

- Radiación Difusa:





↪ Cámaras o detectores de ionización gaseosa:

- *Geiger-Müller* (β , portátiles).
- *Contadores de centelleo*:
 - $R\gamma$: espectrómetro de INa(Tl).
 - α y β de alta energía: detectores líquidos
- Ionización gaseosa (gas con boro): detectores de n°

↪ Dosímetros personales:

- ☞ De ionización: pequeñas cámaras de ionización o contador Geiger.
- ☞ De película fotográfica: para $\beta - \gamma$.
- ☞ De termoluminiscencia: capturan electrones liberados emitiendo luz tras ser calentados. Miden dosis en un tiempo determinado. Respuesta es casi equivalente a la del tejido biológico.

Equipos de medida: monitores ambientales



Detector de centelleo



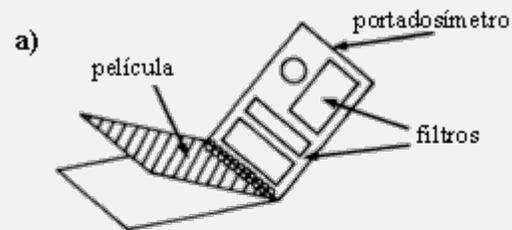
Detector de semiconductor



Detector de
cámara de ionización

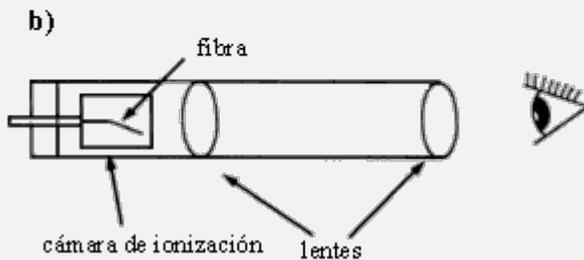


Equipos de medida: Dosímetros personales



Dosímetro de
cámara de ionización

Dosímetro de película



VIGILANCIA DE RADIACIÓN

Ley 31/1995, de 8 de noviembre
Prevención de Riesgos Laborales

RD 783/2001, de 6 de julio (BOE nº 178, de 26 de julio):
Reglamento sobre Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes
(deroga el anterior RD 53/1992, de 24 de enero)



- Evaluación previa condiciones laborales
- Determina:
 - Riesgo radiológico
 - Clasificación lugares de trabajo por zonas
 - Clasificación de los trabajadores

Posibilidad de exposición	Dosis anual 1-6 mSv	Dosis anual > 6 mSv
Clasificación de trabajadores	Clase B	Clase A
Clasificación de zonas	Vigilada	Controlada
Vigilancia del ambiente de trabajo	Sí Dosimetría de área	Sí Si hay riesgo de contaminación: EPI y detectores de radiación obligatorios
Vigilancia individual	No	Sí Dosimetría personal
Vigilancia específica de la salud	No	Sí Inicial y anual

Nota: Por debajo de una dosis anual de 1 mSv se considera que no hay exposición

Límites de dosis

<u>PÚBLICO</u> EN GENERAL	
1952	0.03 rem/sem (\pm 0.3 mSv/sem)
1958	50 mSv/a
1977	5 mSv/a
2001	<u>1 mSv/a</u>

Límites de dosis

PERSONAL <u>PROFESIONALMENTE</u> EXPUESTO	
1925	0,1 dosis eritema/año (equivale a 69 R/año para rayos X moderadamente duros - aproximadamente son 662 mSv/año (Dtejido (rad) = 0,96.X (R))
1928	100 R/año (equivale a unos 960 mSv/año)
1934	60 R/año (equivalen a unos 576 mSv/año)
1949	0,3 rem/semana o 15 rem/año (equivale a 3 mSv/semana o 150 mSv/año)
1956	0,1 rem/semana o 5 rem/año (equivale a 1 mSv/semana o <u>50 mSv/año</u>)
1977	<u>50 mSv/año</u>
1990	100 mSv en 5 años (± 20 mSv/a): máximo 50 mSv cualquier año

Límites de dosis

RD 783/2001

- Dosis efectiva: suma de dosis equivalentes ponderadas en todos los tejidos y órganos debido a irradiaciones externas e internas, debe ser:
 - Profesionalmente expuestos ≈ 20 mSv/a
 - Aprendices y estudiantes (16-18 a) : 6 mSv/año
 - Personas no expuestas profesionalmente (público, aprendices y estudiantes <16 a): 1 mSv/a

Criterios ALARMA

- **Justificación.**
 - No se debe adoptar ninguna práctica que entrañe exposición a la radiación, a menos que produzca un beneficio mayor que los daños que cause o pueda causar.
- **Optimización.**
 - Las dosis o riesgos de la radiación deben reducirse al nivel más bajo que pueda alcanzarse. Criterio “ALARA”
- **Limitación.**
 - La exposición de los individuos no debe exceder de los límites de dosis establecidos.

Radiaciones ionizantes

LÍMITES REGLAMENTARIOS DE EXPOSICIÓN PROFESIONAL Para personas clasificadas como trabajadores expuestos

Real Decreto 783/2001, de 6 de Julio,

Reglamento sobre: “ Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes

ÓRGANO	LÍMITE DE DOSIS POR AÑO
Organismo entero (dosímetro de pecho o TLD) (dosimetría de área)	100 mSv (10 rems). - Durante todo periodo de 5 años oficiales consecutivos, sujeto a una dosis efectiva máxima de 50 msv (5 rems) en cualquier año oficial.
Cristalino	150 mSv (15 rems) año.
Extremidades (manos y antebrazos, pies y tobillos)	500 mSv (50 rem) año.
Para cualquier otro órgano o sistema individual	500 mSv (50 rems) año.

Radiaciones ionizantes

LÍMITES REGLAMENTARIOS DE EXPOSICIÓN PROFESIONAL Para personas clasificadas como trabajadores expuestos

Real Decreto 783/2001, de 6 de Julio,

Reglamento sobre: “ Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes

LÍMITES ESPECIALES DE DOSIS

- Para los miembros al público Cristalino Piel	1 mSv (0,1 rems).- año 15 mSv (1,5 rems) año. 50 mSv (5 rems) año.
- Para personas en formación y estudiantes con edades comprendidas entre 16 y 18 años. Cristalino Extremidades (manos y antebrazos, pies y tobillos) Para cualquier otro órgano o sistema individual	6 mSv al año. 50 mSv (5 rems) año. 150 mSv (15 rems) año. 150 mSv (15 rems) año.
- Mujeres gestantes (dosis al feto)	1 mSv en embarazo.

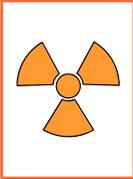
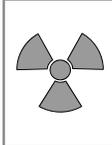
CLASIFICACIÓN DE LAS PERSONAS PROFESIONALMENTE EXPUESTAS

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

- **Categoría A:** personas que, por las condiciones en que se realiza su trabajo, pueden recibir una dosis superior a 6 mSv por año oficial o una dosis equivalente superior a 3/10 de los límites de dosis equivalente para el cristalino, la piel y las extremidades.
- **Categoría B:** personas que, por las condiciones en que se realiza su trabajo, es muy improbable que reciban dosis superiores a 6 mSv por año oficial o 3/10 de los límites de dosis equivalente para el cristalino, la piel y las extremidades.

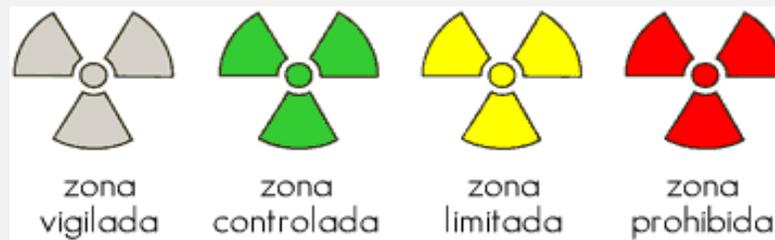
(Real Decreto 783/2001)

Definición de Zonas y Señalización (R.D. 783/2001)

ZONA	DEFINICIÓN	SEÑALIZACIÓN
ZONA LIBRE	Es aquella en la que el público, permaneciendo en dicha zona de una manera continuada, no recibirá 1/10 de las "Dosis Equivalentes Máximas Admisibles Anuales" (D.E.M.A)	
ZONA CONTROLADA DE PERMANENCIA LIMITADA	Es aquella zona que existe el riesgo de recibir una dosis superior a los límites de dosis establecidos para los trabajadores profesionalmente expuestos.	
ZONA CONTROLADA DE PERMANENCIA REGLAMENTADA	Es aquella zona que existe el riesgo de recibir en cortos periodos de tiempo una dosis superior a los límites de dosis establecidos para los trabajadores profesionalmente expuestos.	
ZONA CONTROLADA DE ACCESO PROHIBIDO.	Es aquella en la que HAY riesgo de recibir en una sola exposición una dosis superior al límite de dosis anual establecido..	
ZONA VIGILADA	Es aquella zona en la que existe la posibilidad de recibir dosis efectivas superiores a 1 mSv (0,1 Rems) por año oficial o una dosis equivalente superior a los 1/10 de los límites de dosis equivalente establecidos para los trabajadores profesionalmente expuestos.	

Zonas instalación radioactiva

- **ZONA VIGILADA**: gris-azulado
 - posibilidad de recibir dosis efectivas > 1 mSv/a oficial o una dosis equivalente $> 1/10$ (pero $< 3/10$) de límites anuales de dosis equivalente para cristalino, piel y extremidades
- **ZONA CONTROLADA**: verde
 - existe la posibilidad de dosis efectivas > 6 mSv/a oficial o dosis equivalente $> 3/10$ de los límites de dosis equivalentes para el cristalino, piel y extremidades.
 - Subdivisión:
 - **PERMANENCIA LIMITADA** (amarillo): Riesgo de dosis $>$ límites anuales.
 - **PERMANENCIA REGLAMENTADA** (naranja): Riesgo de dosis $>$ a los límites en cortos periodos de tiempo.
 - **ACCESO PROHIBIDO** (rojo): Riesgo de dosis $>$ límites con una única exposición.



Efectos biológicos de la RI

★ No estocásticos: Somáticos ciertos

- Se originan 'lesiones' ante una irradiación concreta (no por azar).
- Dosis umbral: por debajo no hay efecto biológico
- A más dosis, mayor gravedad
- Defectos reparables (al menos parcialmente)
- Espaciar dosis reduce el efecto

★ Estocásticos: Probabilísticos

- No umbral.
- $A < \text{dosis} < \text{probabilidad}$ pero no menor gravedad (efecto siempre grave).
- Somáticos (carcinogénesis) y hereditarios (alteraciones genéticas)

INTERACCIONES BIOLÓGICAS DE LAS RRII: RESPUESTA CELULAR

La interacción con células es una función de **PROBABILIDAD** (azar): puede o no interaccionar.

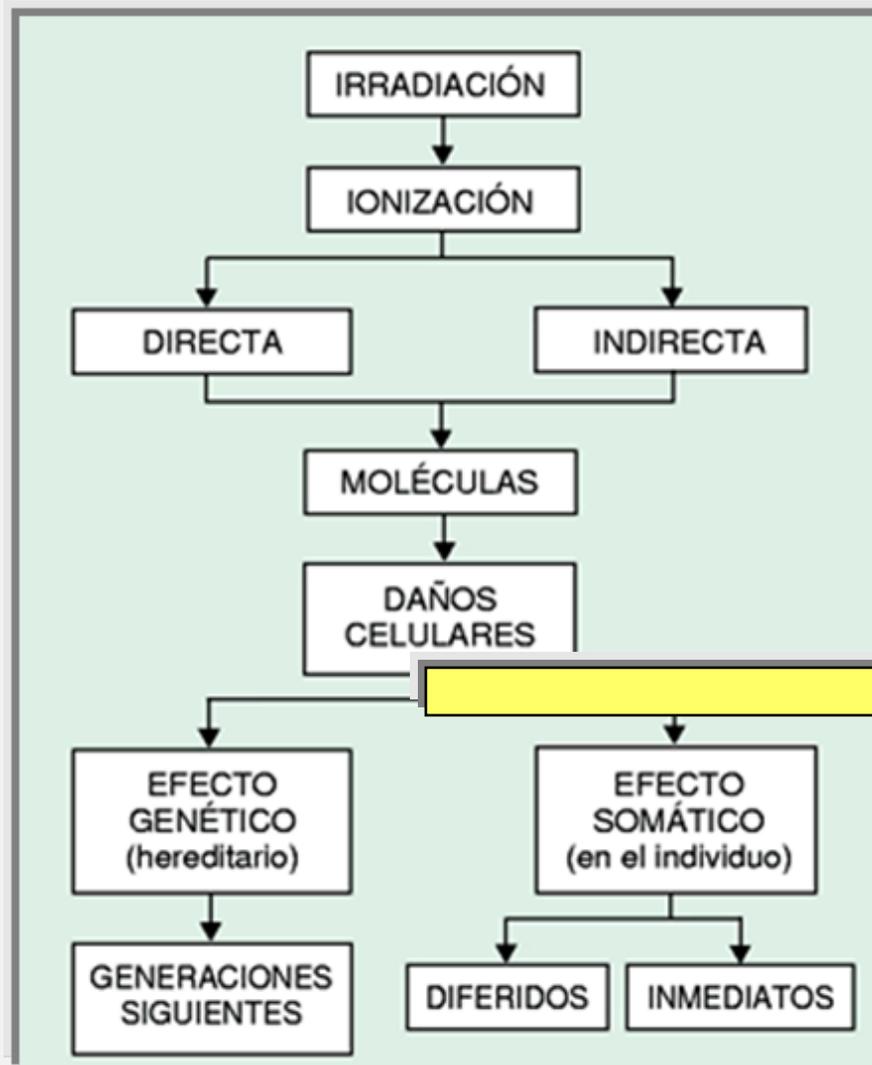
La interacción **NO ES SELECTIVA**: en cualquier parte de la célula al azar.

Los cambios producidos **NO SON ESPECÍFICOS**: indistinguibles de otro tipo de trauma.

La acción de las RRII nunca lleva un beneficio.

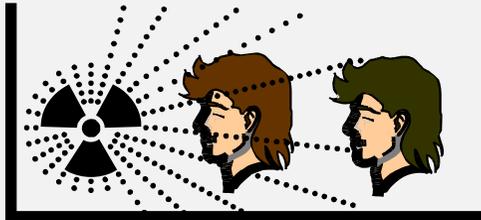
Los cambios biológicos se manifiestan sólo tras un **PERIODO DE LATENCIA**.

Efectos de las radiaciones



- Piel.
- Aparato digestivo.
- Sistema reproductor.
- Ojos.
- Cardiovascular.
- Huesos y cartílagos.
- Sistema nervioso.
- Etc.

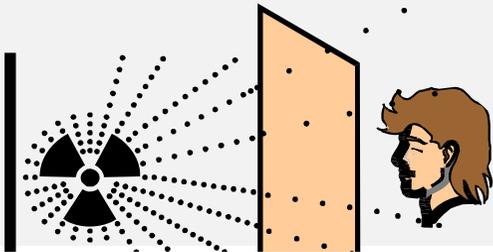
Protección contra las radiaciones ionizantes



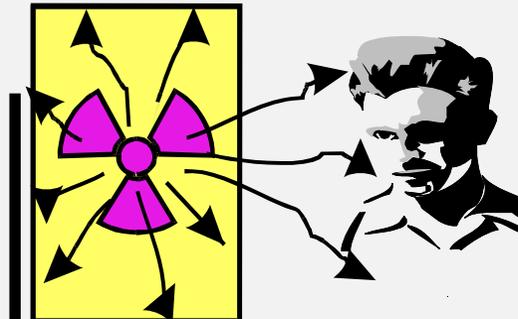
A mayor distancia, menor exposición y dosis.



La dosis es siempre proporcional al tiempo.



Un blindaje adecuado, permite acortar y reducir la dosis.



Cesa el efecto, cuando cesa la exposición.

Reglamento de protección radiológica

Título VII, RD 783/2001

Actividades laborales con exposición importante a radiación natural:

1. Inhalación de descendientes del torón, radón y R_y:
 - Minas subterráneas y cuevas turísticas
 - Balnearios y piscinas cubiertas de aguas subterráneas
 - Túneles y galerías de diferentes tipos
 - Instalaciones donde se almacenen y traten aguas de origen subterráneo
 - Redes de metro o trabajos subterráneos en ciudades
2. Procesos industriales de materiales con radionucleidos naturales:
 - Procesamiento de fosfatos
 - Industrias de extracción de gas y petróleo
 - Industrias de minería y procesamiento de minerales metálicos (Sn, Al, Cu, Zn, Pb...)
 - Industrias de procesamiento de tierras raras
 - Centrales térmicas del carbón
 - Industrias de materias de construcción, canteras y cementeras
 - Manufactura y utilización de compuestos de torio
 - Industrias de pigmentos de dióxido de titanio
3. Manipulación/almacenamiento de material radiactivo o que genere residuos radiactivos con radionúclidos naturales.
4. Radiación cósmica durante operaciones con aeronaves.

Viviendas: Recomendación UE 90/143/EURATOM

Consejo de Seguridad Nuclear

- Ley 15/1980 (creación)
- Independiente (Congreso)
- Funciones (modificaciones Ley 40/97 y 14/99):
 - 1) Vigilar el medio ambiente: mediciones en tiempo real de radiactividad ambiental con red de estaciones automáticas.
 - 2) Instalaciones: estudio previo, autorización, funcionamiento.
 - 3) Licencias (operador, supervisor).
 - 4) Emergencia nuclear-radiactiva: apoyo técnico.
 - 5) Control de las dosis en expuestos y población general.
 - 6) Investigación.
 - 7) Reglamentación y normativa.

ENRESA

Empresa Nacional de Residuos Radiactivos, S.A

- RD 1522/1984.
- Gestión de residuos radiactivos y desmantelado de instalaciones.
- **Cometidos:**
 - Recogida/transporte/tto/acondicionamiento.
 - Estériles.
 - Almacenamiento RBMA y su gestión a largo plazo.
 - Clausura instalaciones, desmantelamiento y restauración ambiental.
 - Emergencias nucleares (apoyo a Protección Civil).
 - I+D.
 - Información pública, etc.

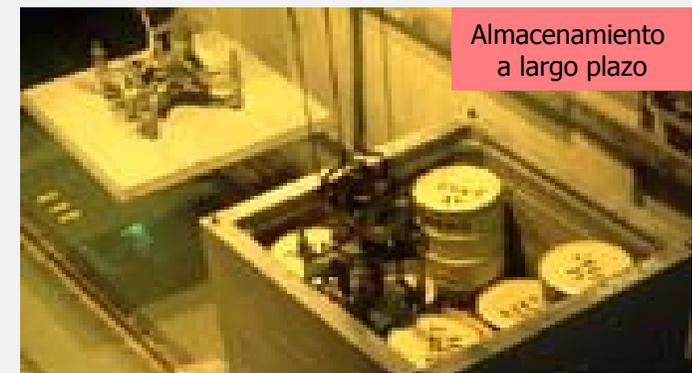
Residuos

■ España:

- 9 reactores nucleares.
 - 100% RAA
 - 90% RBMA
- De ± 1300 instalaciones médicas/investigación/industriales, ≈ 700 dan residuos.
 - 10 % RBMA: uso industrial (60%), médico (30%) e investigación-docencia (10%).

1) Combustible Gastado y RAA:

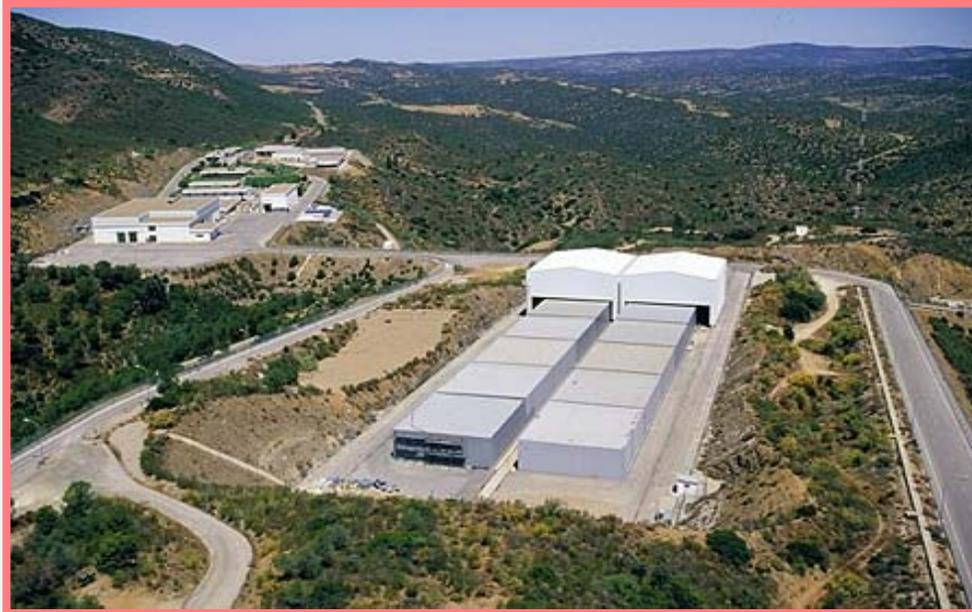
- Reprocesado vs Almacenado:
 - temporal (piscinas, contenedores).
 - emplazamiento definitivo.



Residuos (II)

2) RBMA:

- 1º tratamiento y acondicionamiento.
- 2º almacenamiento definitivo: EL CABRIL.



El Cabril

CIEMAT

Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas

- Desde 1951 (JEN). Centro de Moncloa: 1954
- CIEMAT: 1986.
- Organismo Público de Investigación en energía, medio ambiente, nuevas tecnologías e investigación básica.
- Proyectos I+D en varios centros en España:
 - EXISTENTES: fusión nuclear; física de partículas/superconductividad; protección Radiológica...
 - NUEVAS: producción H₂; residuos; simulación numérica; tecnologías Informáticas.
 - MANTENIDAS: seguridad, combustible nuclear, contaminación atmosférica; energías renovables...
- Asesoramiento a las administraciones públicas.
- Colaboraciones en programas de la UE (I+D y tratado EURATOM), con ENRESA y CSN.

ENUSA

Empresa Nacional del Uranio

- Abastecer de combustible.
- Acuerdos comerciales, participaciones financieras en sociedades.
- Intercambio de tecnología para ingeniería y fabricación de elementos combustibles.
- Madrid: Sede Social, SS Centrales + centro de ingeniería de combustible
- Instalaciones industriales:
 - Fábrica de elementos combustibles, en Juzbado
 - Centro Mediomambiental de Ciudad Rodrigo



Muchas gracias