

Elaboración de Planes de Emergencia

- Risco Radiolóxico

Dirección Xeral de Emerxencias e Interior.

Servizo de Vixilancia Radiolóxica



Introducción. Utilidad de las Radiaciones ionizantes. Índice beneficio / riesgo. La Protección Radiológica. Origen y desarrollo. Objetivo de la Protección Radiológica. Criterios de Protección Radiológica. Radiobiología. Control de Calidad.

CONTENIDOS

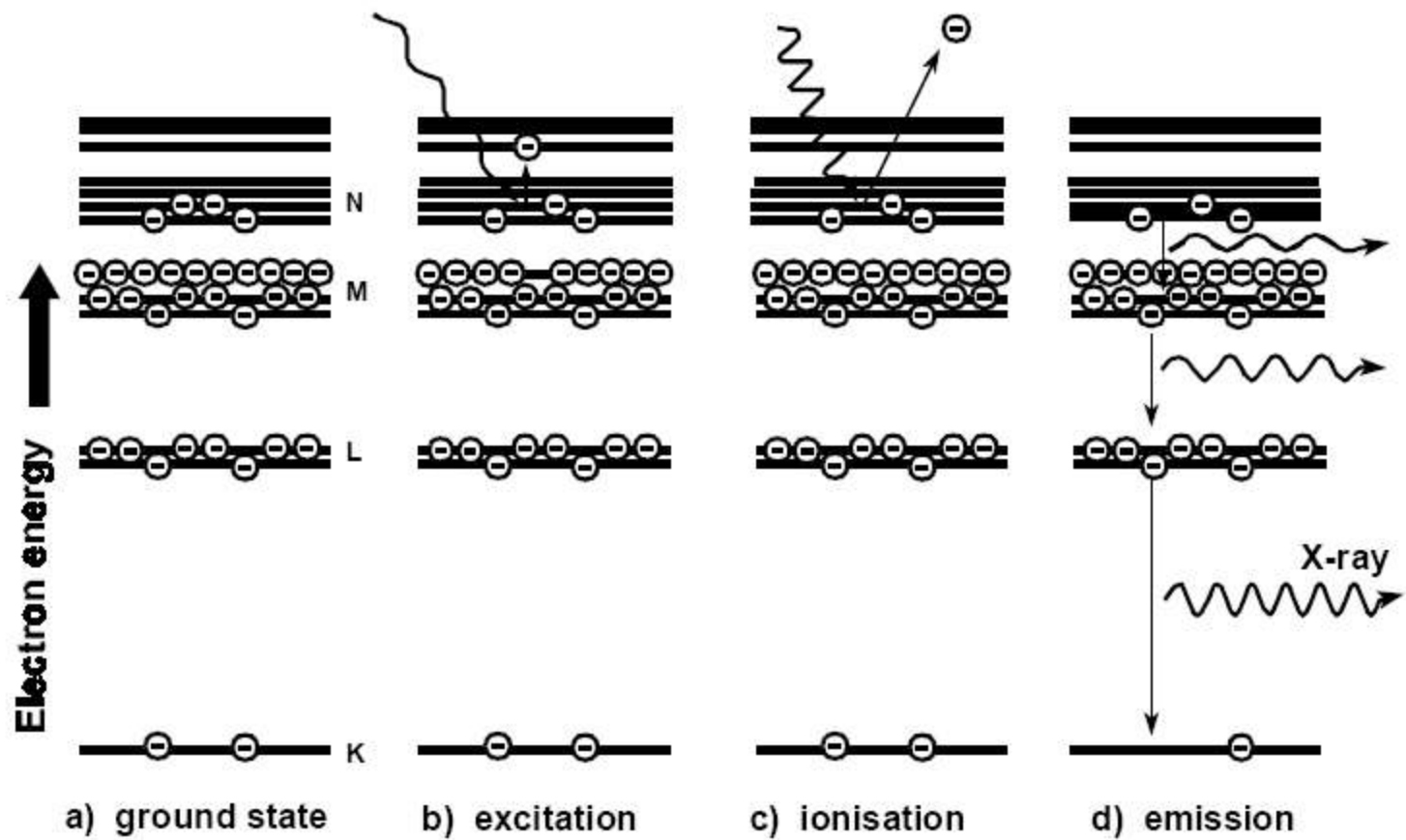
- Documentación que se suministra.
- Información básica sobre el riesgo radiológico.
- Normativa reguladora de las instalaciones radiactivas.
- Procedimientos de operación en las instalaciones radiactivas.
- Conocimientos para una correcta gestión de apoyo en las emergencias originadas en estas instalaciones.
- Niveles de coordinación e asesoramiento para la gestión de la emergencia.
- Recursos disponibles para intervención en las instalaciones.

Protección radiológica

- Radiaciones ionizantes
- Radiobiología.
- Radiación natural
- Utilidad de las Radiaciones ionizantes. Índice beneficio / riesgo.
- La Protección Radiológica. Origen y desarrollo.
- Objetivo de la Protección Radiológica. Criterios de Protección Radiológica.

Radiaciones Ionizantes

- Las radiaciones ionizantes (electromagnéticas o particuladas) son aquellas con energía, longitud de onda y frecuencia tales que: “**Al interaccionar con un medio material le transfieren energía suficiente para desligar a un electrón de su átomo**”.
- En el instante en el que el electrón sale desprendido del átomo al que pertenecía, se produce un proceso que se llama **ionización**.



Ionización

- La ionización es la formación de un **par de iones**, el negativo (el electrón libre) y el positivo (el átomo desprovisto uno de sus electrones).
- La ionización producida por una radiación incidente que interacciona con la materia (puede ser un medio biológico) puede ser **directa o indirecta**:
 - La radiación electromagnética (rayos X y rayos gamma) es radiación **indirectamente ionizante**. Transfieren energía y desligan un electrón que posteriormente es responsable de una cadena de ionizaciones
 - La radiación **directamente ionizante** la producen las partículas con carga eléctrica (como los electrones y las partículas alfa).
- La ionización en un **medio biológico** produce alteraciones moleculares que resultan en alteraciones en la fisiología celular.

Radiaciones Ionizantes

- Partículas aceleradas como el electrón (radiación beta) y el positrón, las partículas alfa y neutrones.
- Radiaciones electromagnéticas de alta energía (rayos X y rayos gamma).

α ●

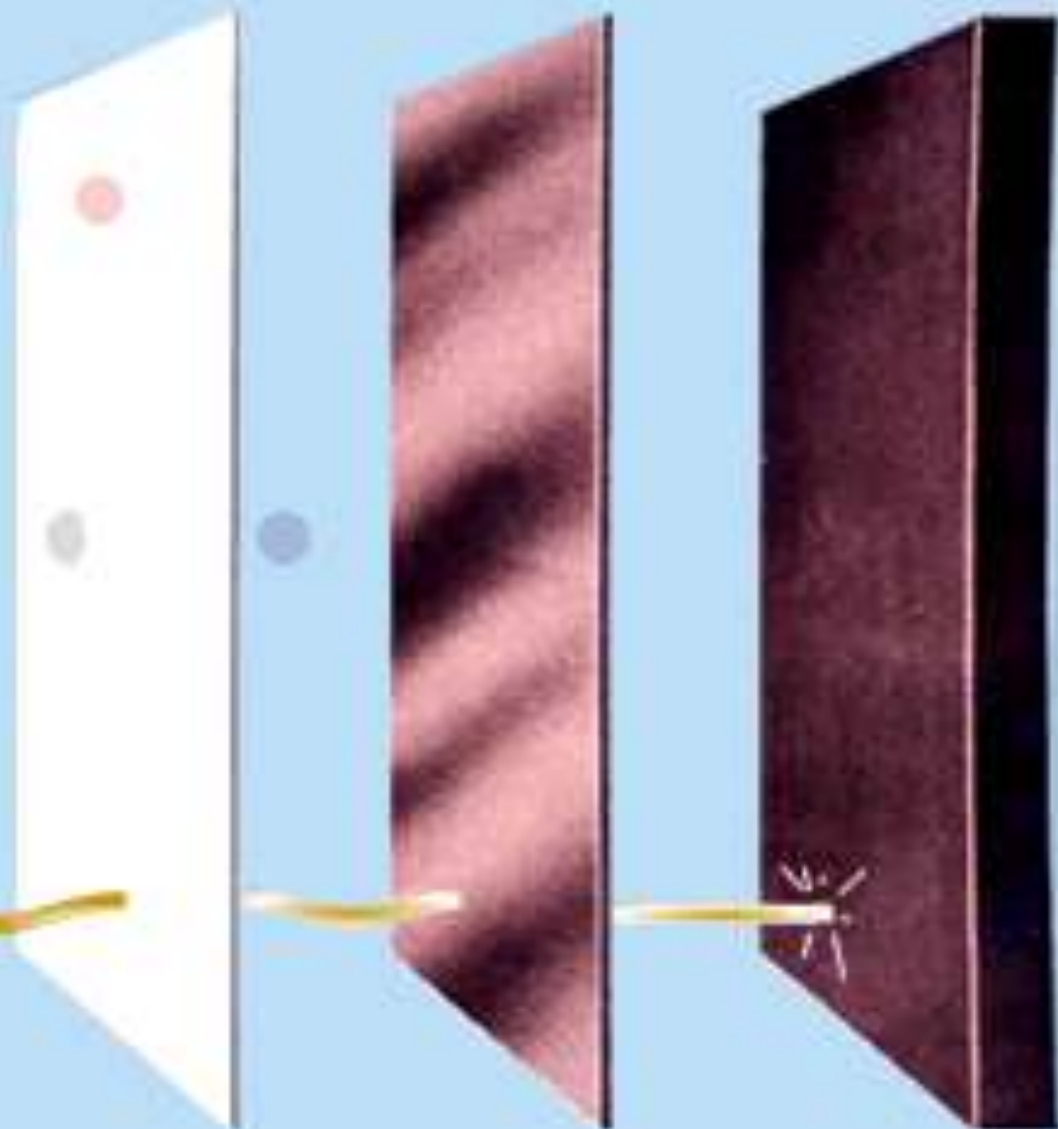
Las radiaciones α (alfa) recorren una distancia muy pequeña y son detenidas por una hoja de papel o la piel del cuerpo humano.

β ●

Las radiaciones β (beta) recorren en el aire una distancia de un metro aproximadamente, y son detenidas por unos pocos centímetros de madera o una hoja delgada de metal.

γ

Las radiaciones γ (gamma) recorren cientos de metros en el aire y son detenidas por una pared gruesa de plomo o cemento.

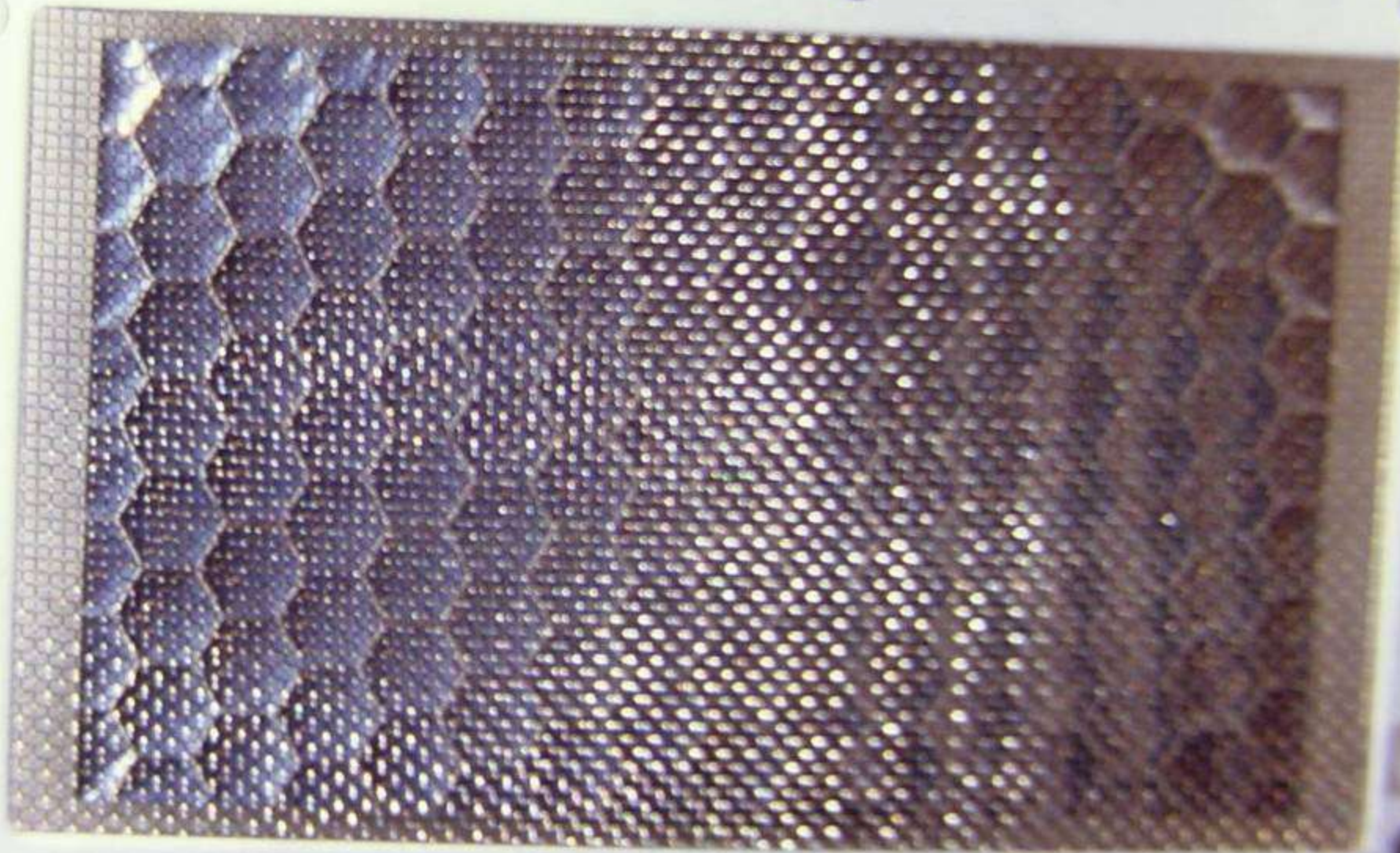


Detección y medida de la radiación



No se dispone de ningún sentido natural que nos permita ver o sentir estas radiaciones.

Necesidad de equipos específicos para detectarlas, medir sus variables físicas y cuantificar sus efectos.





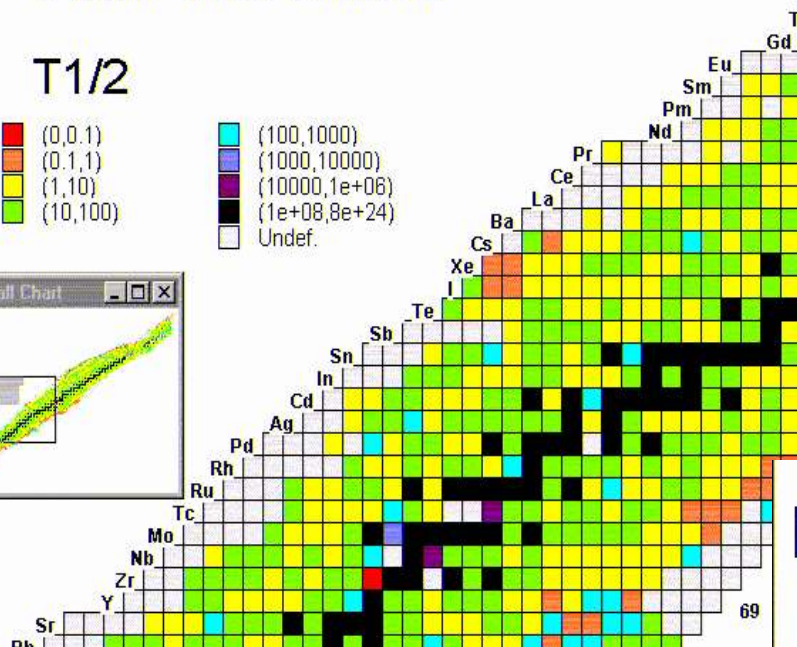
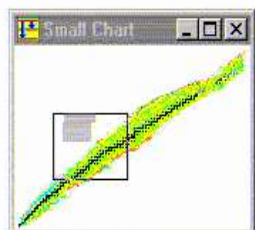


Radiactividad

- Es un fenómeno físico natural o artificial, por el cual algunas sustancias, llamadas radiactivas, son capaces de emitir radiaciones ionizantes.
- La radiactividad es una propiedad de ciertos elementos que son "**inestables**", tienden a alcanzar la estabilidad emitiendo radiaciones y transformándose en otros elementos.
- El ritmo de emisión y el tipo y energía de las radiaciones emitidas son característicos de cada elemento radiactivo.
 - Además, el número de transformaciones de una muestra determinada disminuye con el tiempo.
- Este proceso de transformación puede ser espontáneo o provocado artificialmente.

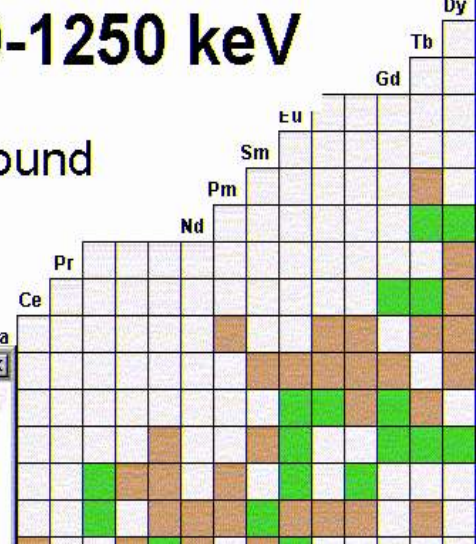
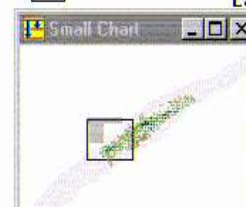
Half-life chart

T1/2



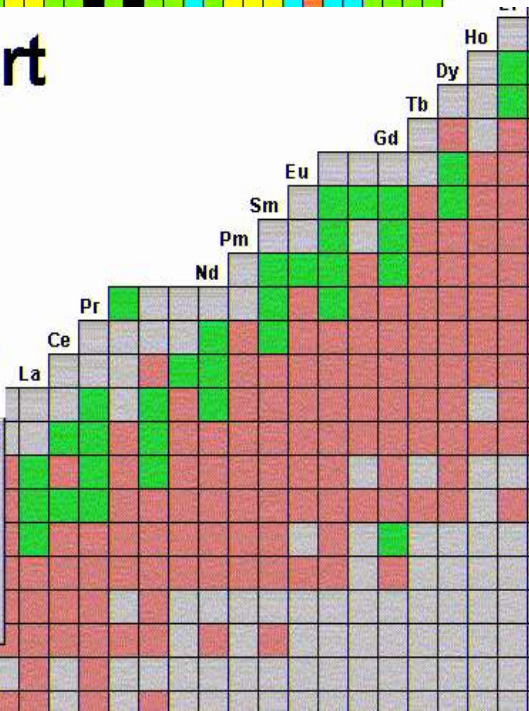
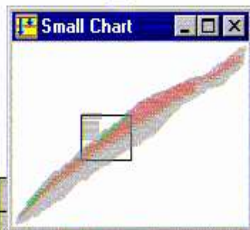
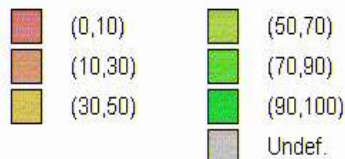
Gammas 1200-1250 keV

number of data found



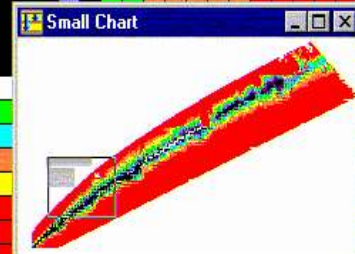
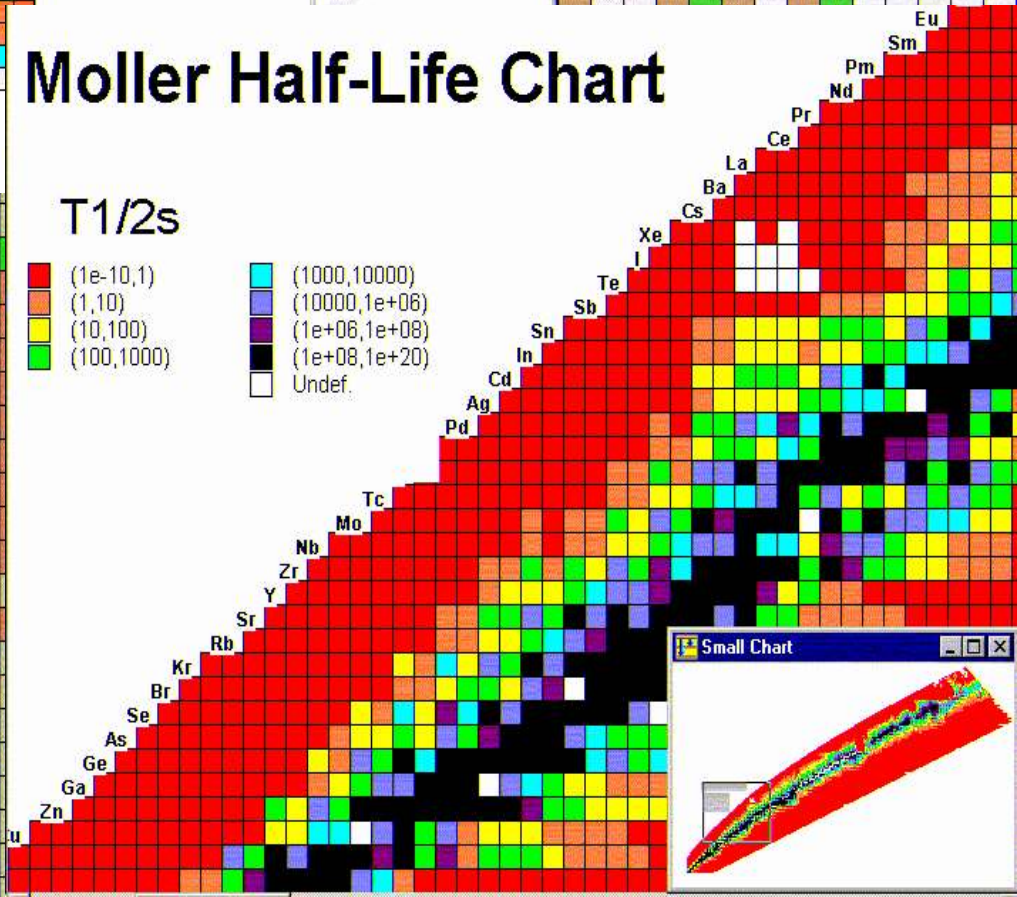
Decay Chart

%EC



Moller Half-Life Chart

T1/2s



Configuración electrónica	s ¹	s ²	d ¹	d ²	d ³	d ⁴	d ⁵	d ⁶	d ⁷	d ⁸	d ⁹	d ¹⁰	p ¹	p ²	p ³	p ⁴	p ⁵	p ⁶						
Grupo	I A	II A	III B	IV B	V B	VI B	VII B	VIII B				I B	II B	III A	IV A	V A	VI A	VII A	O					
Periodo																								
1	¹ H Hidrógeno 1,0079																	² He Helio 4,0026						
2	³ Li Litio 6,941	⁴ Be Berilio 9,0122																	⁵ B Boro 10,811	⁶ C Carbono 12,011	⁷ N Nitrógeno 14,007	⁸ O Oxígeno 15,999	⁹ F Flúor 18,998	¹⁰ Ne Neón 20,180
3	¹¹ Na Sodio 22,990	¹² Mg Magnesio 24,305																	¹³ Al Aluminio 26,982	¹⁴ Si Silicio 28,086	¹⁵ P Fósforo 30,974	¹⁶ S Azufre 32,065	¹⁷ Cl Cloro 35,453	¹⁸ Ar Argón 39,948
4	¹⁹ K Potasio 39,098	²⁰ Ca Calcio 40,078	²¹ Sc Escandio 44,956	²² Ti Titanio 47,867	²³ V Vanadio 50,942	²⁴ Cr Cromo 51,996	²⁵ Mn Manganeso 54,938	²⁶ Fe Hierro 55,845	²⁷ Co Cobalto 58,933	²⁸ Ni Níquel 58,693	²⁹ Cu Cobre 63,546	³⁰ Zn Zinc 65,409	³¹ Ga Galio 69,723	³² Ge Germanio 72,64	³³ As Arsénico 74,922	³⁴ Se Selenio 78,96	³⁵ Br Bromo 79,904	³⁶ Kr Criptón 83,798						
5	³⁷ Rb Rubidio 85,468	³⁸ Sr Estroncio 87,62	³⁹ Y Itrio 88,906	⁴⁰ Zr Circonio 91,224	⁴¹ Nb Niobio 92,906	⁴² Mo Molibdeno 95,94	⁴³ Tc Tecnecio (98)	⁴⁴ Ru Rutenio 101,07	⁴⁵ Rh Rodio 102,91	⁴⁶ Pd Paladio 106,42	⁴⁷ Ag Plata 107,87	⁴⁸ Cd Cadmio 112,41	⁴⁹ In Indio 114,82	⁵⁰ Sn Estañio 118,71	⁵¹ Sb Antimonio 121,76	⁵² Te Teluro 127,60	⁵³ I Yodo 126,90	⁵⁴ Xe Xenón 131,29						
6	⁵⁵ Cs Cesio 132,91	⁵⁶ Ba Bario 137,33	⁵⁷ La Lantano 138,91	⁷² Hf Hafnio 178,49	⁷³ Ta Tántalo 180,95	⁷⁴ W Wolframio 183,84	⁷⁵ Re Renio 186,21	⁷⁶ Os Osmio 190,23	⁷⁷ Ir Iridio 192,22	⁷⁸ Pt Platino 195,08	⁷⁹ Au Oro 196,97	⁸⁰ Hg Mercurio 200,59	⁸¹ Tl Talio 204,38	⁸² Pb Plomo 207,2	⁸³ Bi Bismuto 208,98	⁸⁴ Po Polonio (209)	⁸⁵ At Astato (210)	⁸⁶ Rn Radón (222)						
7	⁸⁷ Fr Francio (223)	⁸⁸ Ra Radio (226)	⁸⁹ Ac Actinio (227)	¹⁰⁴ Rf Rutherfordio (261)	¹⁰⁵ Db Dubnio (262)	¹⁰⁶ Sg Seaborgio (266)	¹⁰⁷ Bh Bohrio (264)	¹⁰⁸ Hs Hassio (270)	¹⁰⁹ Mt Meitnerio (268)	¹¹⁰ Ds Darmstadtio (281)	¹¹¹ Rg Roentgenio (272)	¹¹² Uub Ununbio (285)	¹¹³ Uut Ununtrio (284)	¹¹⁴ Uuq Ununquadio (289)	¹¹⁵ Uup Ununpentio (288)	¹¹⁶ Uuh Ununhexio (291)	¹¹⁸ Uuo Ununoctio (294)							

NÚMERO ATÓMICO

ESTADOS DE OXIDACIÓN

SÍMBOLO

NOMBRE

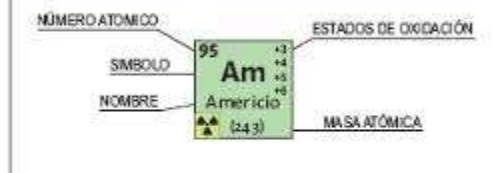
95

Am

Americio

MAZA ATÓMICA

(243)



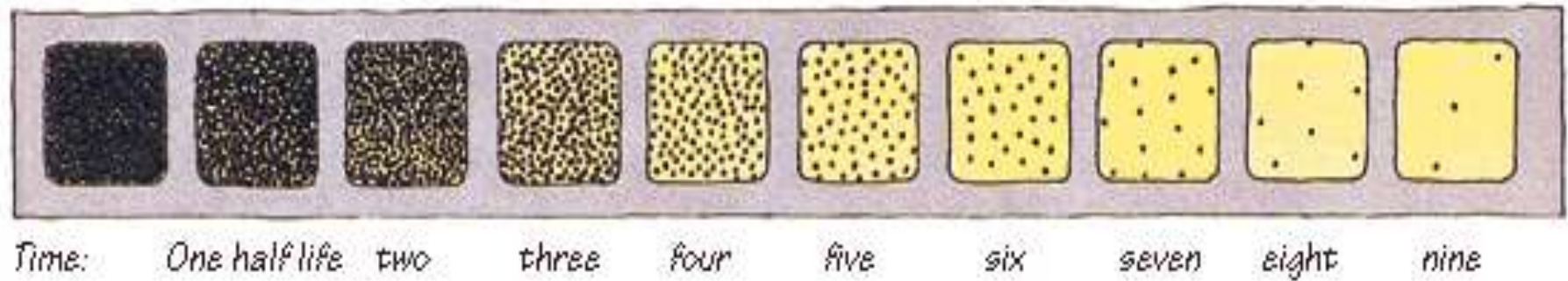
Lantánidos * 4 f

Actínidos ** 5 f

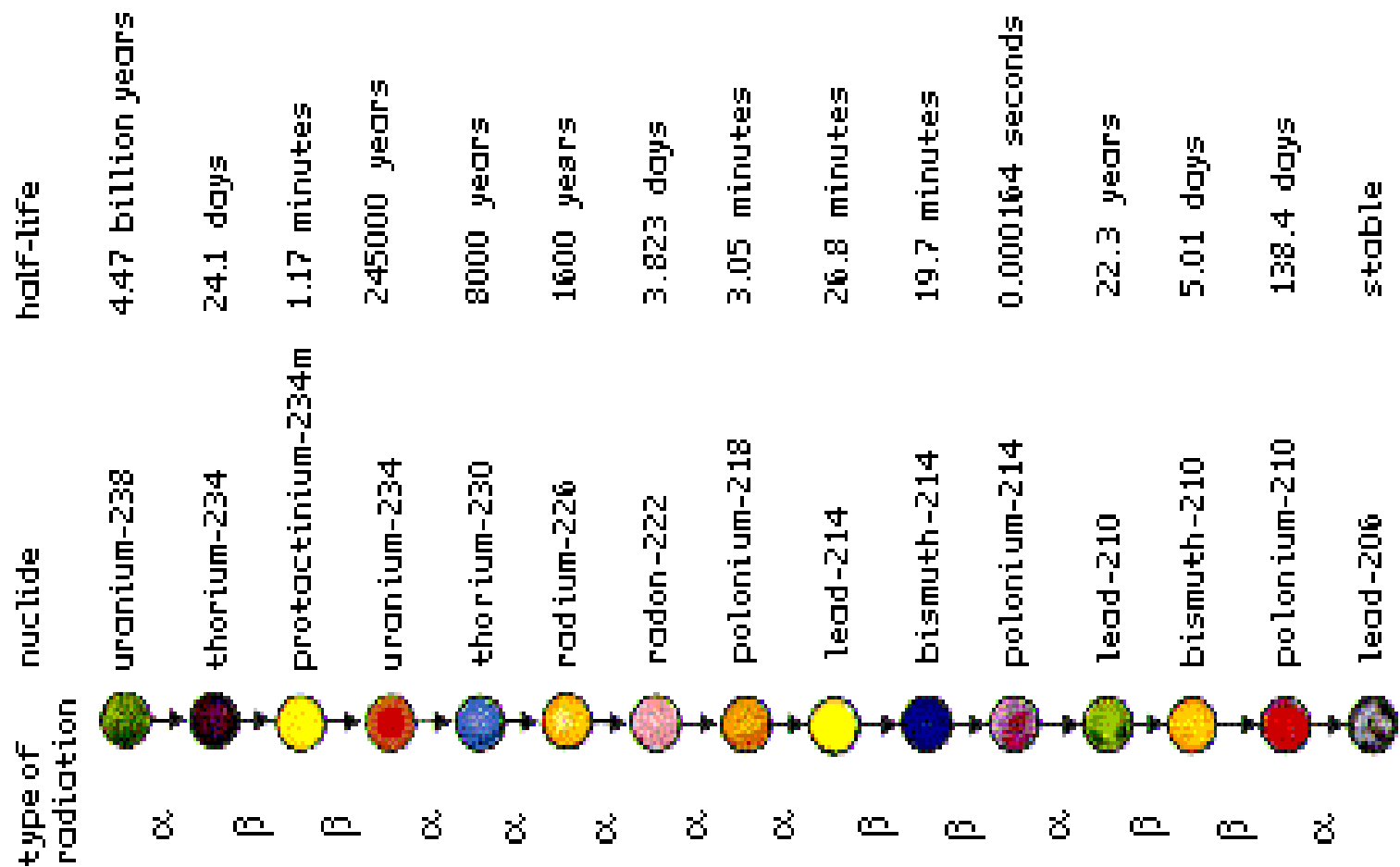
58 Ce Cerio 140,12	59 Pr Praseodimio 140,91	60 Nd Neodimio 144,24	61 Pm Prometio (145)	62 Sm Samario 150,36	63 Eu Europio 151,96	64 Gd Gadolinio 157,25	65 Tb Terbio 158,93	66 Dy Disprosio 162,50	67 Ho Holmio 164,93	68 Er Erbio 167,26	69 Tm Tulio 168,93	70 Yb Yterbio 173,04	71 Lu Lutecio 174,97
90 Th Torio 232,04	91 Pa Protoactinio 231,04	92 U Uranio 238,03	93 Np Neptunio (237)	94 Pu Plutonio (244)	95 Am Americio (243)	96 Cm Curio (247)	97 Bk Berquellio (247)	98 Cf Californio (251)	99 Es Einsteinio (252)	100 Fm Fermio (257)	101 Md Mendelevio (258)	102 No Nobelio (259)	103 Lr Laurencio (262)

Elementos radiactivos naturales Elementos radiactivos artificiales

Decay rate of radioactivity: After ten half lives, the level of radiation is reduced to one thousandth



URANIUM 238 (U238) RADIOACTIVE DECAY



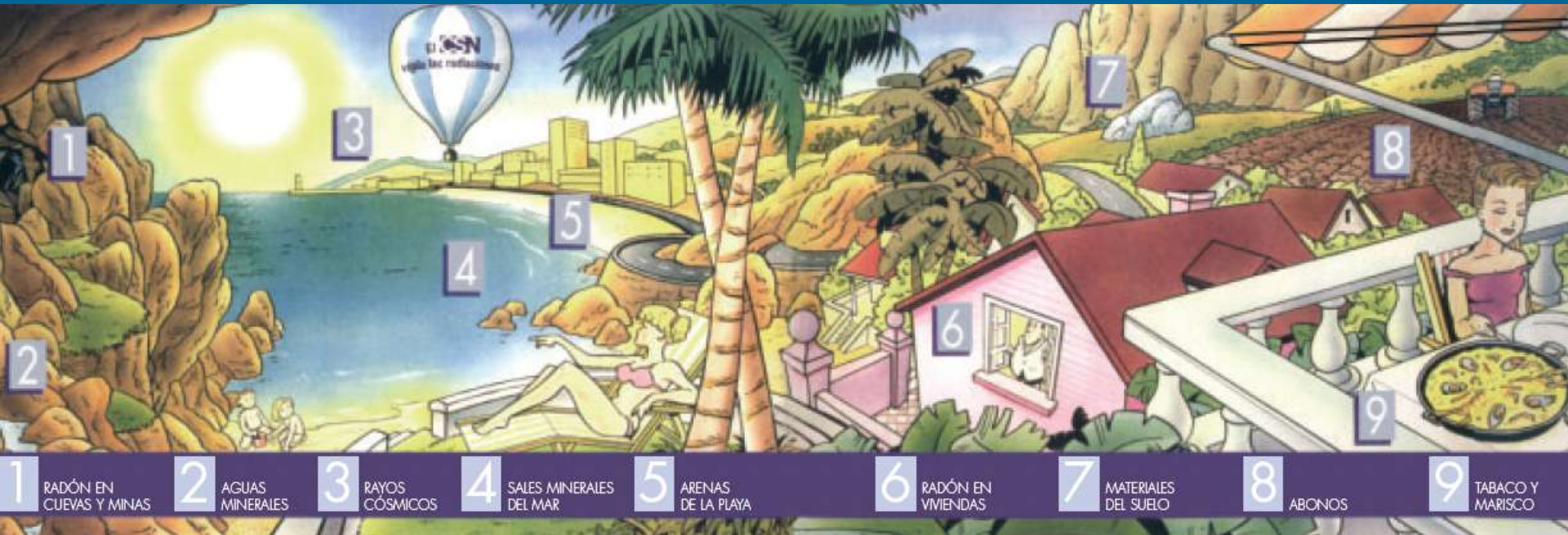
Radiación Natural

- El hombre ha estado, desde siempre, expuesto a fuentes naturales de radiación ionizante.
- La intensidad de irradiación natural varía de un lugar a otro y depende de diversos factores como la altura sobre el nivel del mar, la geología del suelo, barometría, humedad del suelo, interior de edificaciones, los materiales de construcción, el diseño de las edificaciones, etc.

fuentes naturales de radiación

- La radiación cósmica procedente del espacio exterior.
 - La radiación procedente de elementos radiactivos o isótopos radiactivos presentes en el suelo desde el origen del planeta.
 - La emanación de gas radón por algunos de estos isótopos.
 - La composición de los alimentos.
-
- Es interesante el reseñar que más del **70%** de la exposición a radiaciones ionizantes a la que está expuesta la población en general proviene de fuentes naturales , que no pueden ser evitadas, aunque en el caso del radón puede minimizarse.

LA RADIACIÓN NATURAL

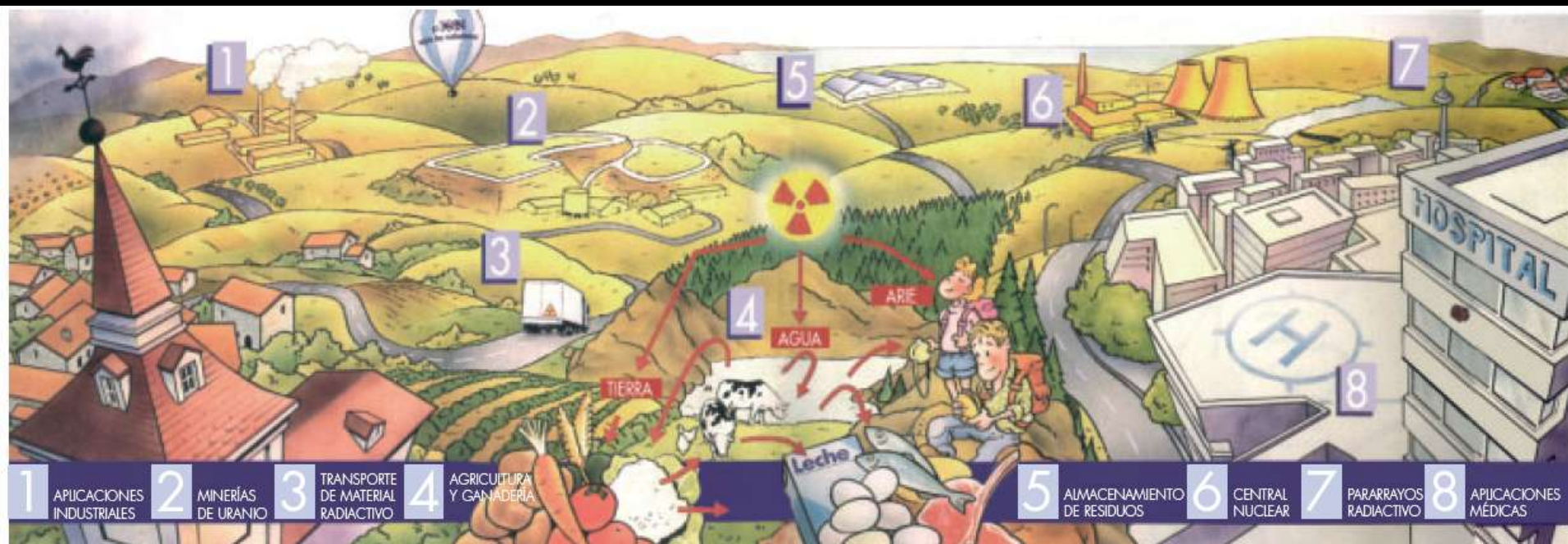


Las radiaciones y los materiales radiactivos están presentes en la vida corriente, incluso en nuestro propio cuerpo.

Radiación Artificial

- Además de las fuentes naturales de radiación, actualmente, el hombre recibe una dosis de radiación, adicional a la natural, y que resulta de diversas actividades humanas:
 - Fundamentalmente **actividades médicas** en los países desarrollados.
 - Ensayos nucleares en la atmósfera, accidentes en centrales nucleares, funcionamiento de centrales nucleares, de funcionamiento de fábricas de combustible, de gestión de residuos radiactivos en industria, en medicina y en investigación.
 - Utilización de abonos minerales en agricultura.

LA RADIACIÓN ARTIFICIAL



RADIACIONES A NUESTRO SERVICIO

Utilidad de las Radiaciones Ionizantes

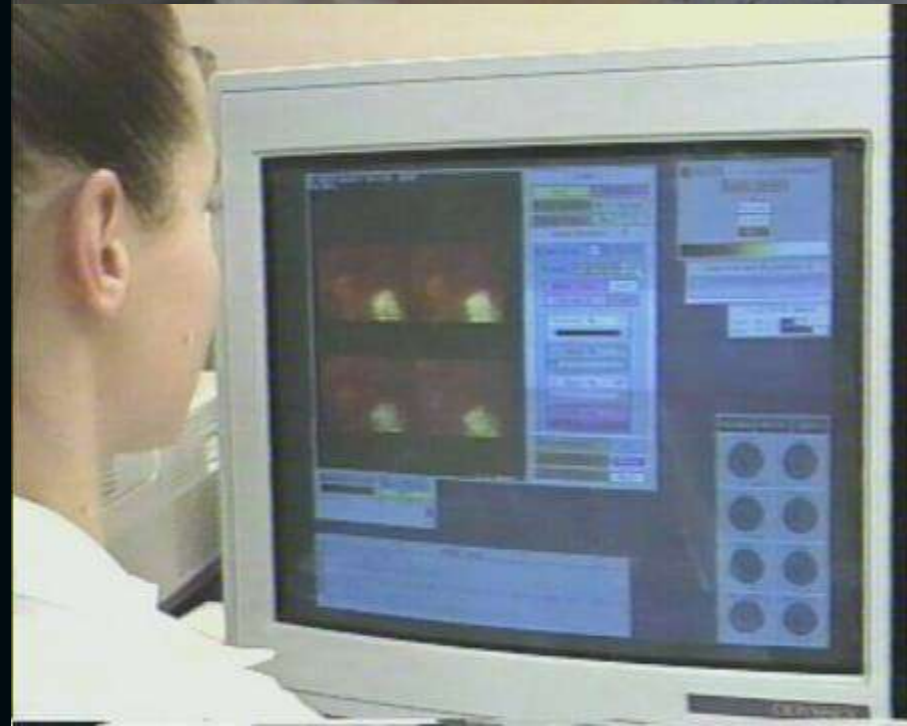
- Pocos descubrimientos científicos han tenido consecuencias tan inesperadas y de tan largo alcance como el de los rayos X, por el profesor Wilhelm Conrad Röntgen de la Universidad de Würzburg, en 1895, y de la radiactividad, por el profesor Henri Becquerel, de la Escuela Politécnica Superior de París, en 1896.
- Tras estos hitos de partida y en sólo cien años, la investigación básica en la naturaleza de las radiaciones y, a partir de ellas, de la materia misma ha dado lugar, junto con la concurrencia de ciencias afines, a una auténtica eclosión tecnológica en los más diversos campos de aplicación. Es de esperar, dadas las líneas de investigación abiertas, el ritmo de las mismas y la coordinación interdisciplinaria establecida, que el aporte en renovación tecnológica prosiga tan aparentemente vertiginoso como en las últimas décadas.

R.I.- Avances en diversos campos de la actividad humana. Aplicaciones dispares

- Desde la obtención de energía de origen nuclear, la verificación de soldaduras, la identificación de la fatiga y cuantificación del desgaste de materiales diversos en estructuras y máquinas, la conservación de obras de arte y alimentos, la prospección minera, la investigación y determinación de sustancias químicas en muy bajas concentraciones, el seguimiento de moléculas marcadas en sistemas biológicos, las prospecciones hidrogeológicas, los diversos tipos de control de calidad en múltiples procesos de fabricación, el suministro de energía para satélites, el control de pavimentación de carreteras y aeropuertos, el control de seguridad de paquetes, la fabricación de microprocesadores, etc.,
- Hasta con fines médicos, posibilitando exploraciones diagnósticas de tipo morfológico, funcional y analítico, así como procedimientos terapéuticos muy difíciles, si no imposibles, de realizar por otros métodos.

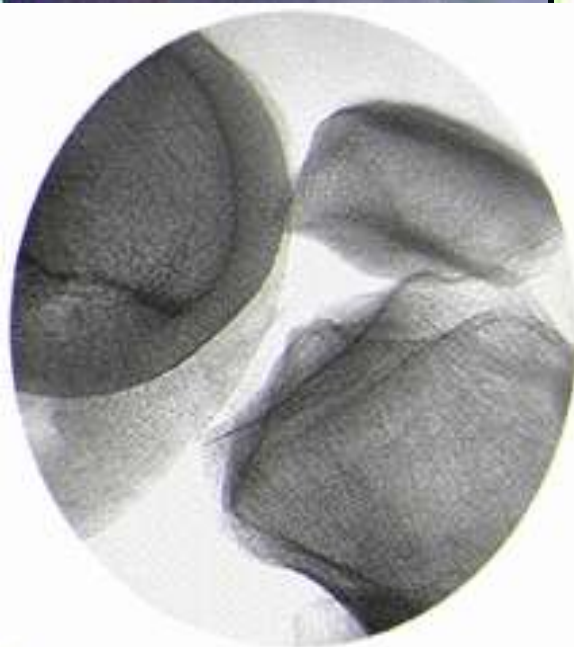
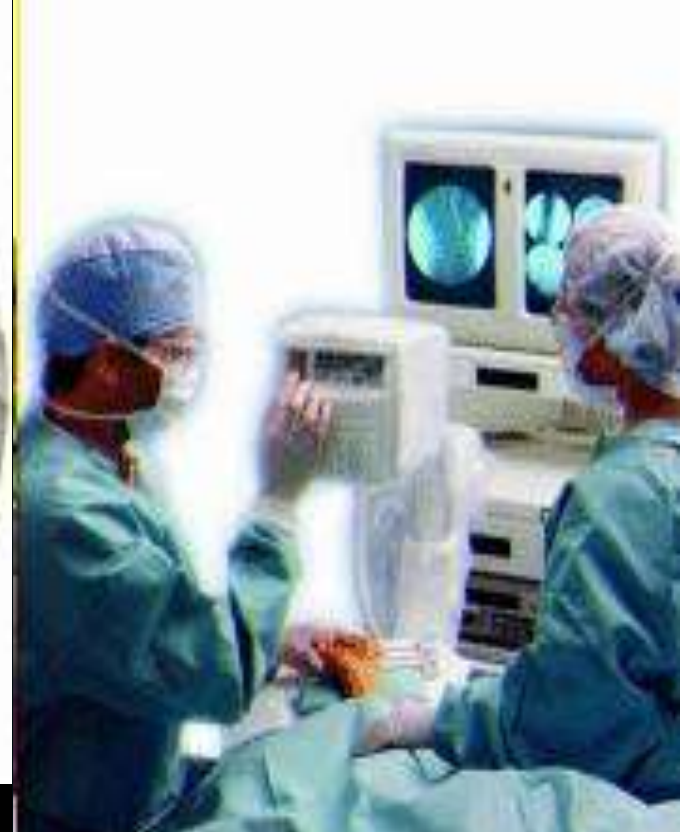
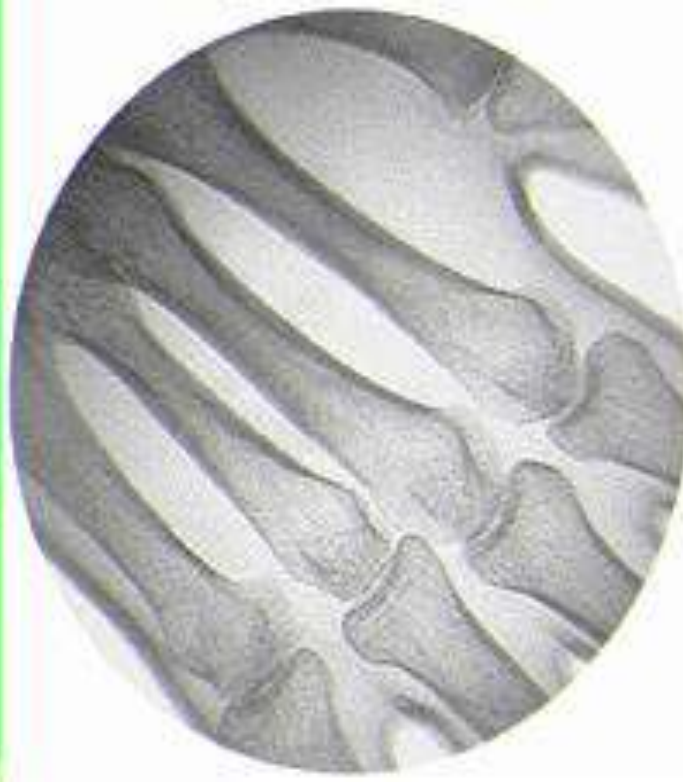














Magnetic Resonance Imaging

RBC Blood Pool SPECT

HMPAO-SPECT



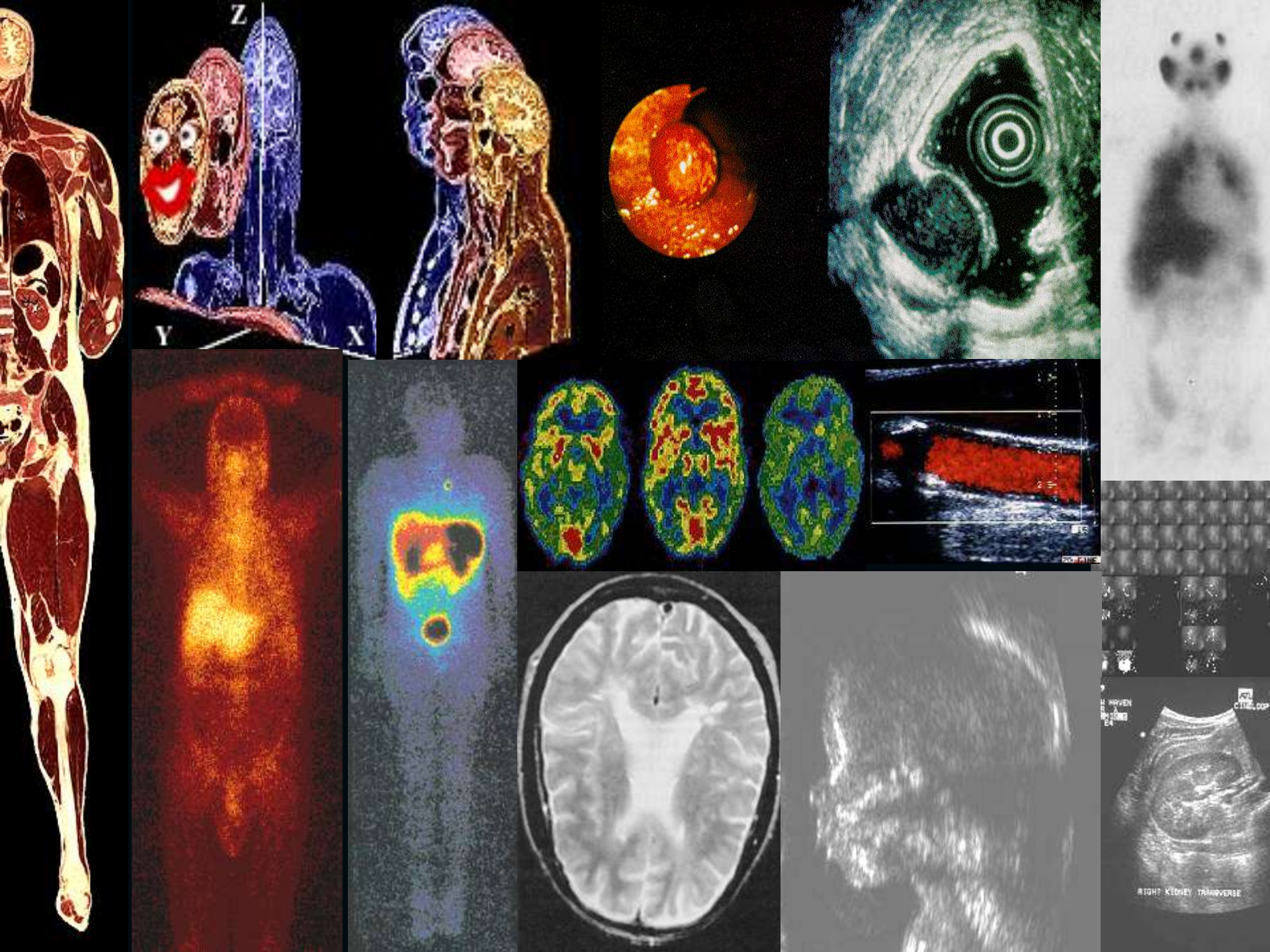
NORMAL IMAGES



Brigham & Women's Hospital

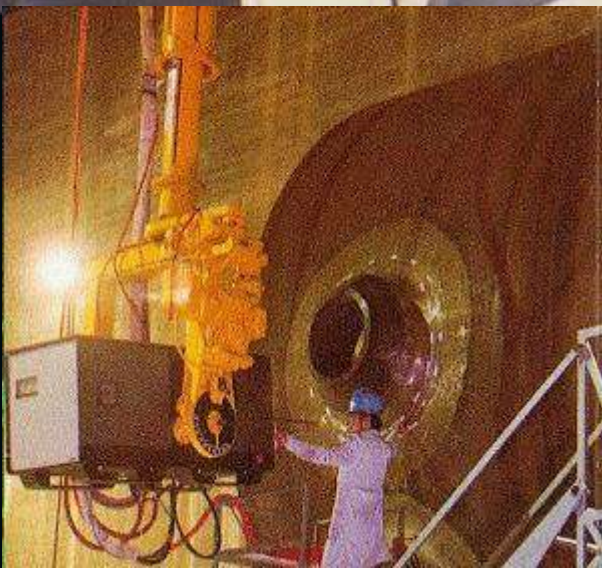
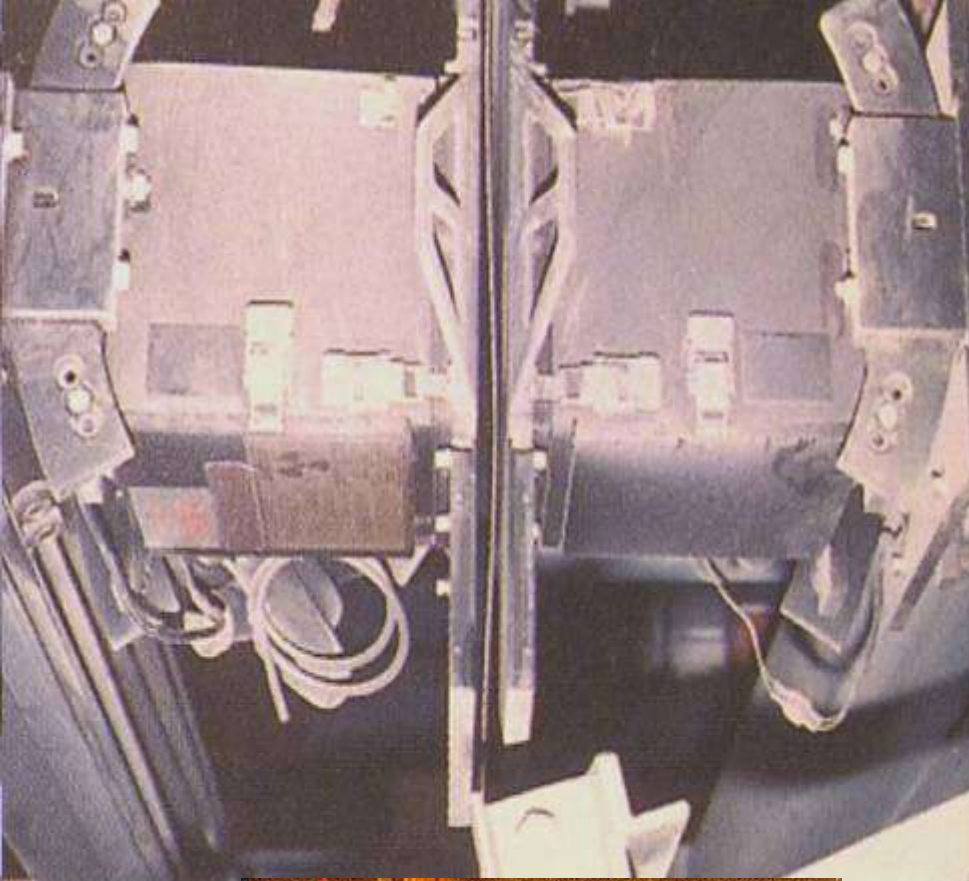
Harvard Medical School



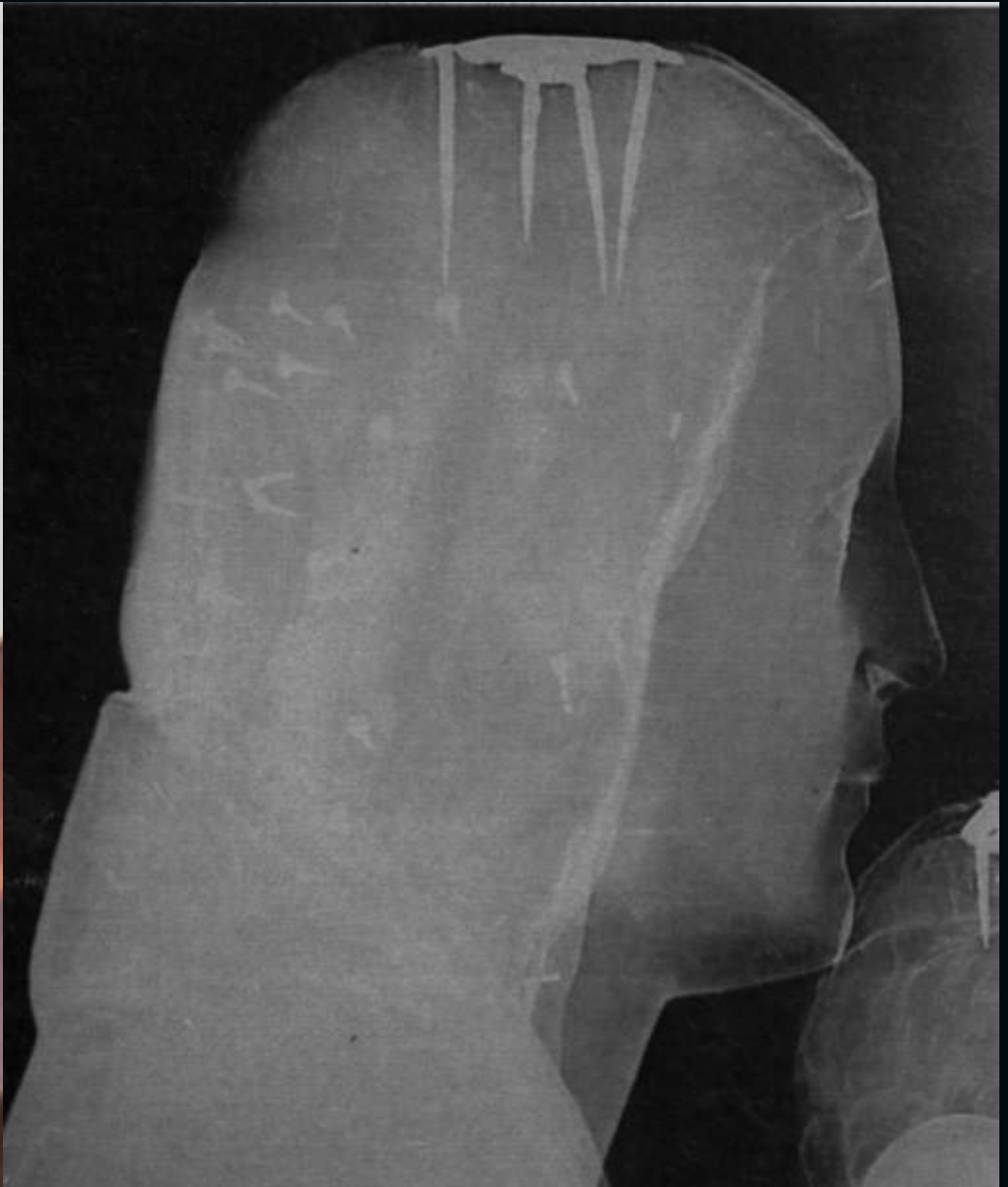


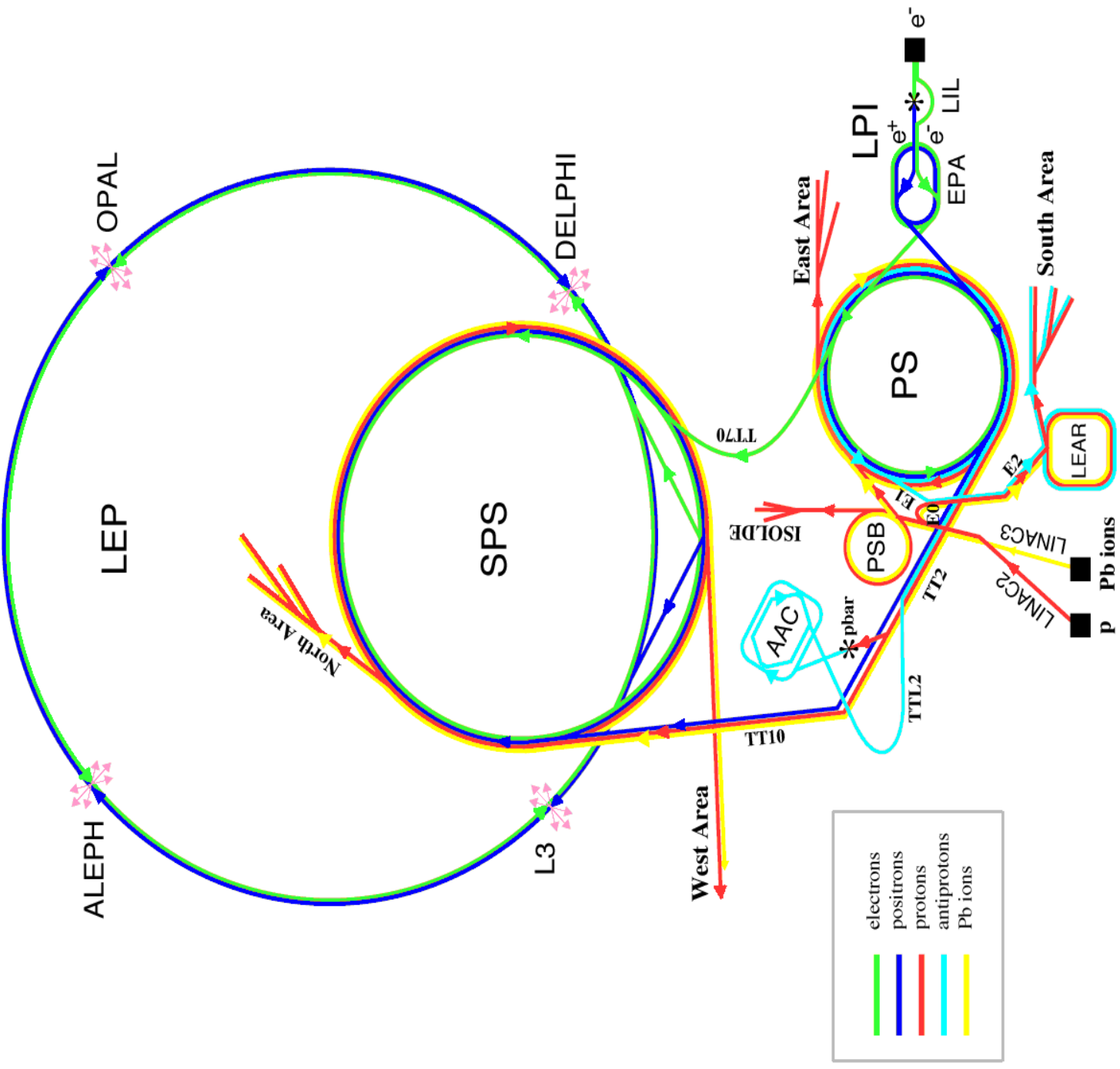


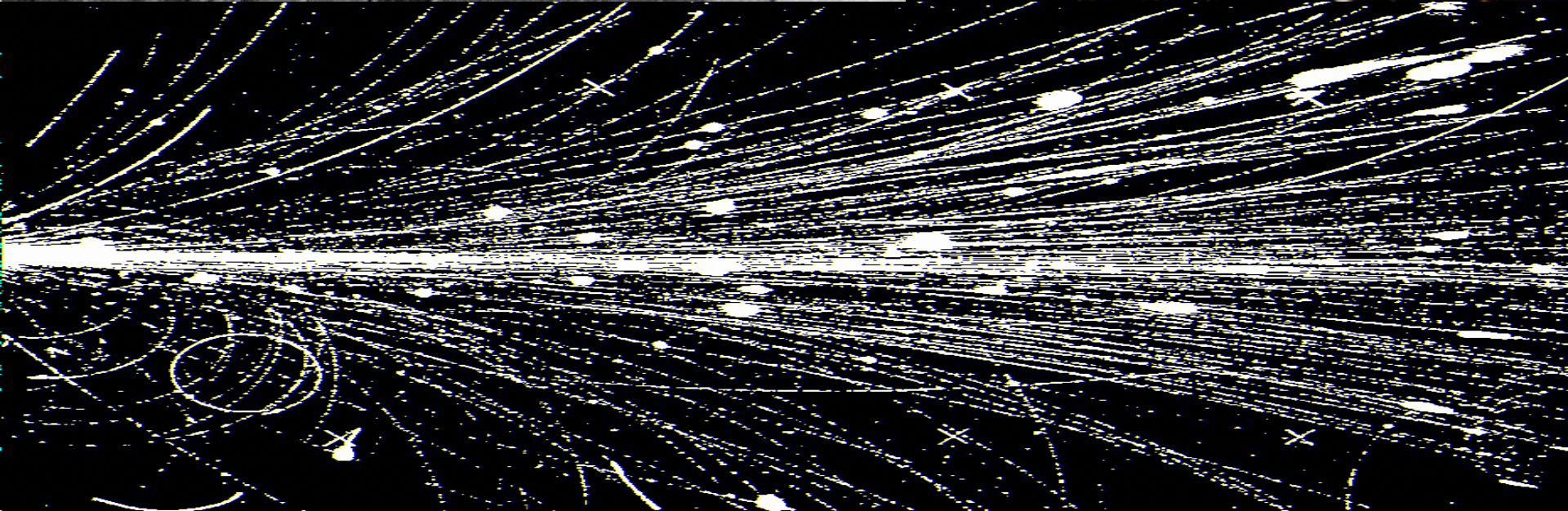
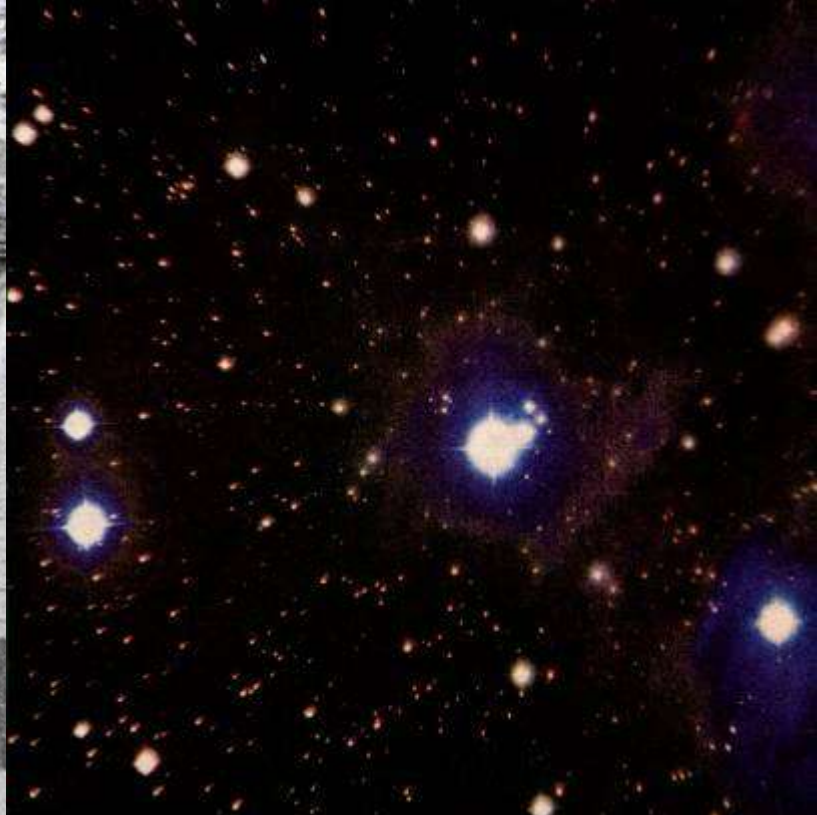
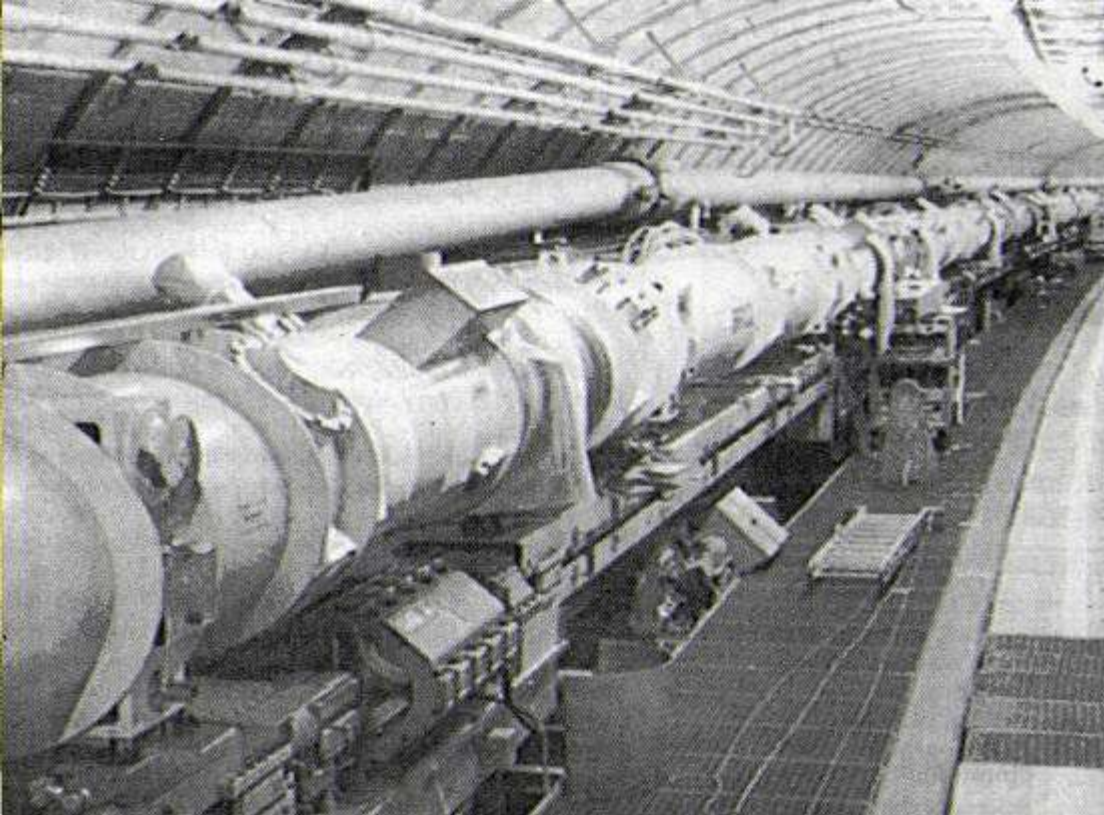












Exceptuando la producción de energía....

- En general, las diversas técnicas que hacen uso de las radiaciones ionizantes comparten una serie de cualidades que han dado lugar a que estén hoy en día ampliamente difundidas y estandarizadas :
 - Permiten estudios, ensayos y controles no destructivos.
 - Son muy precisas, sensibles, reproducibles, rápidas y no interfieren con el sistema que sea en estudio.
 - A nivel de diagnóstico médico además son incruentas, no invasivas y bien toleradas por el paciente.

Tabla 2

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		
Campo de aplicación												
Andalucía	1	8	69	40	118	1	22	26	10	59	177	3.862
Aragón	1	1	29	9	40	-	1	10	1	12	52	658
Asturias	-	1	24	8	33	-	1	2	5	8	41	602
Baleares	-	1	4	7	12	-	-	3	3	6	18	512
Canarias	-	2	17	9	28	-	3	-	1	4	32	726
Cantabria	-	1	11	2	14	-	2	5	-	7	21	306
Castilla I- La Mancha	-	1	30	6	37	-	-	3	2	5	42	788
Castilla y León	-	4	35	17	56	-	4	6	1	11	67	1223
Cataluña	13	21	102	51	187	5	11	33	17	66	253	4.060
Extremadura	-	1	8	5	14	-	1	2	2	5	19	426
Galicia	1	6	28	14	49	-	-	5	3	8	57	1.627
Madrid	34	26	73	50	183	10	21	29	17	77	260	3.193
Murcia	-	-	14	5	19	-	1	3	1	5	24	661
Navarra	1	1	18	3	23	-	2	2	1	5	28	328
País Vasco	1	-	61	11	73	-	8	30	3	41	114	1.448
Rioja	-	-	3	1	4	-	-	1	1	-	5	170
Comunidad valenciana	2	6	46	24	78	-	5	16	9	30	108	2.331

C: Instalaciones radiactivas comerciales.

D: Instalaciones radiactivas de investigación y docencia.

I: Instalaciones radiactivas industriales.

M: Instalaciones radiactivas médicas.

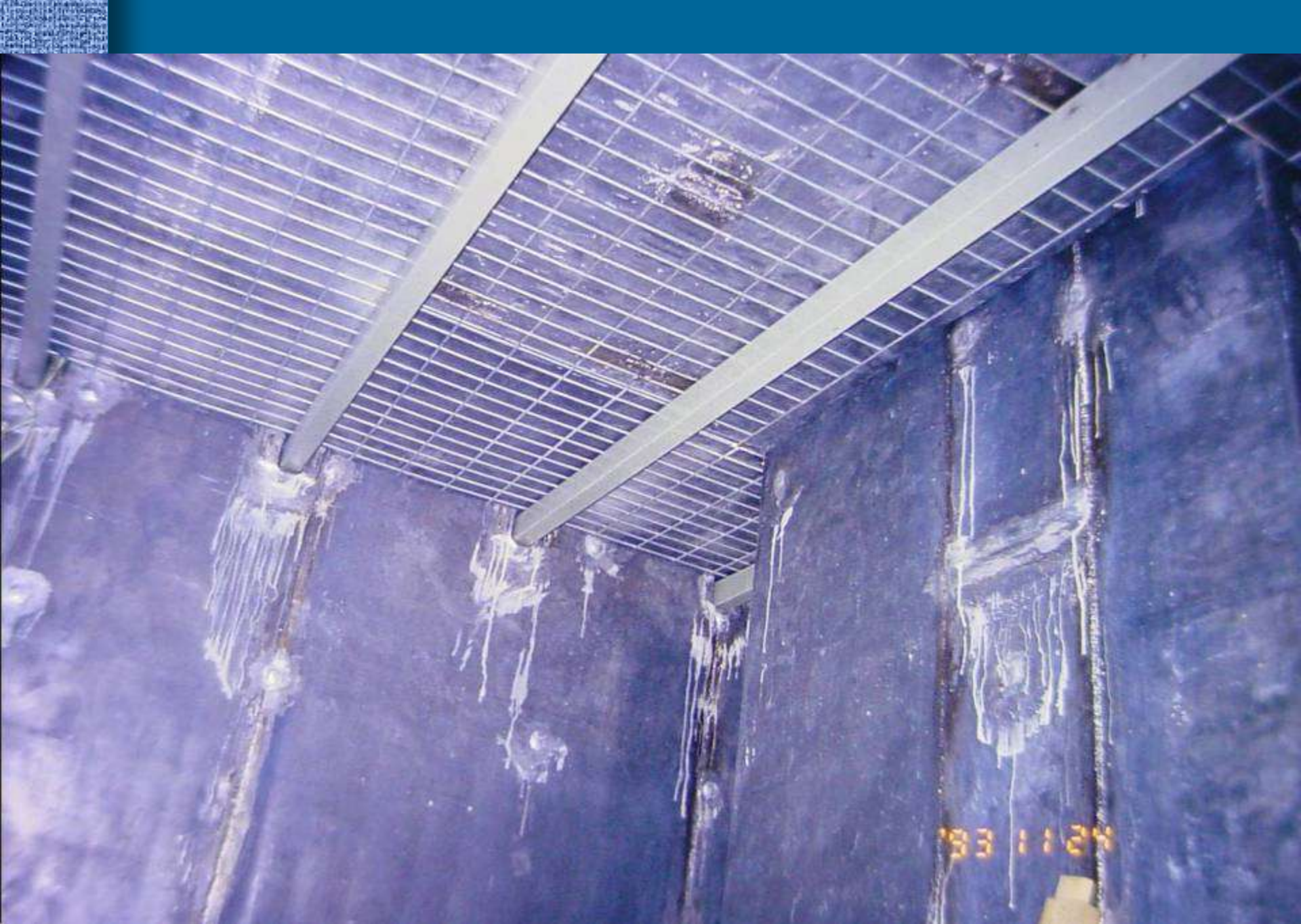
Tabla 1

Categoría	Campo aplicación	1999	2000	2001	2002	2003
1ª	Irradiación	1	1	1	1	1
	Subtotal	1	1	1	1	1
2ª	Comercialización	44	44	54	55	55
	Investigación y docencia	82	80	82	78	80
	Industria	557	549	565	573	572
	Medicina	246	252	259	258	262
	Subtotal	930	925	960	964	969
3ª	Comercialización	17	21	18	18	24
	Investigación y docencia	76	75	82	86	94
	Industria	185	176	178	188	182
	Medicina	100	92	82	80	98
	Subtotal	381	370	347	350	384
	Rayos X médicos	16.940	18.402	20.208	21.884	22.947
Total		18.251	19.698	21.516	23.199	24.301











NOTE:
[Illegible text]

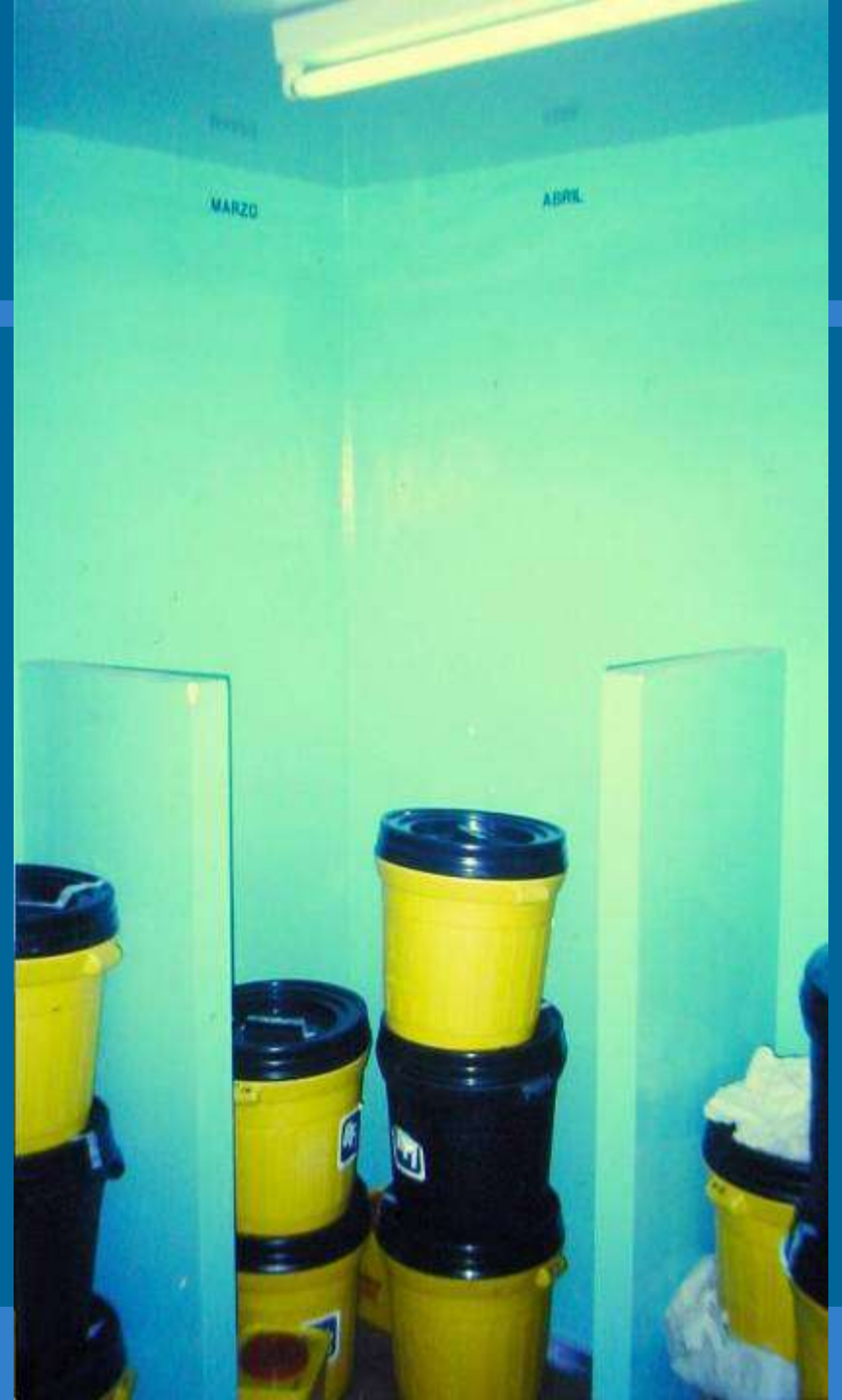
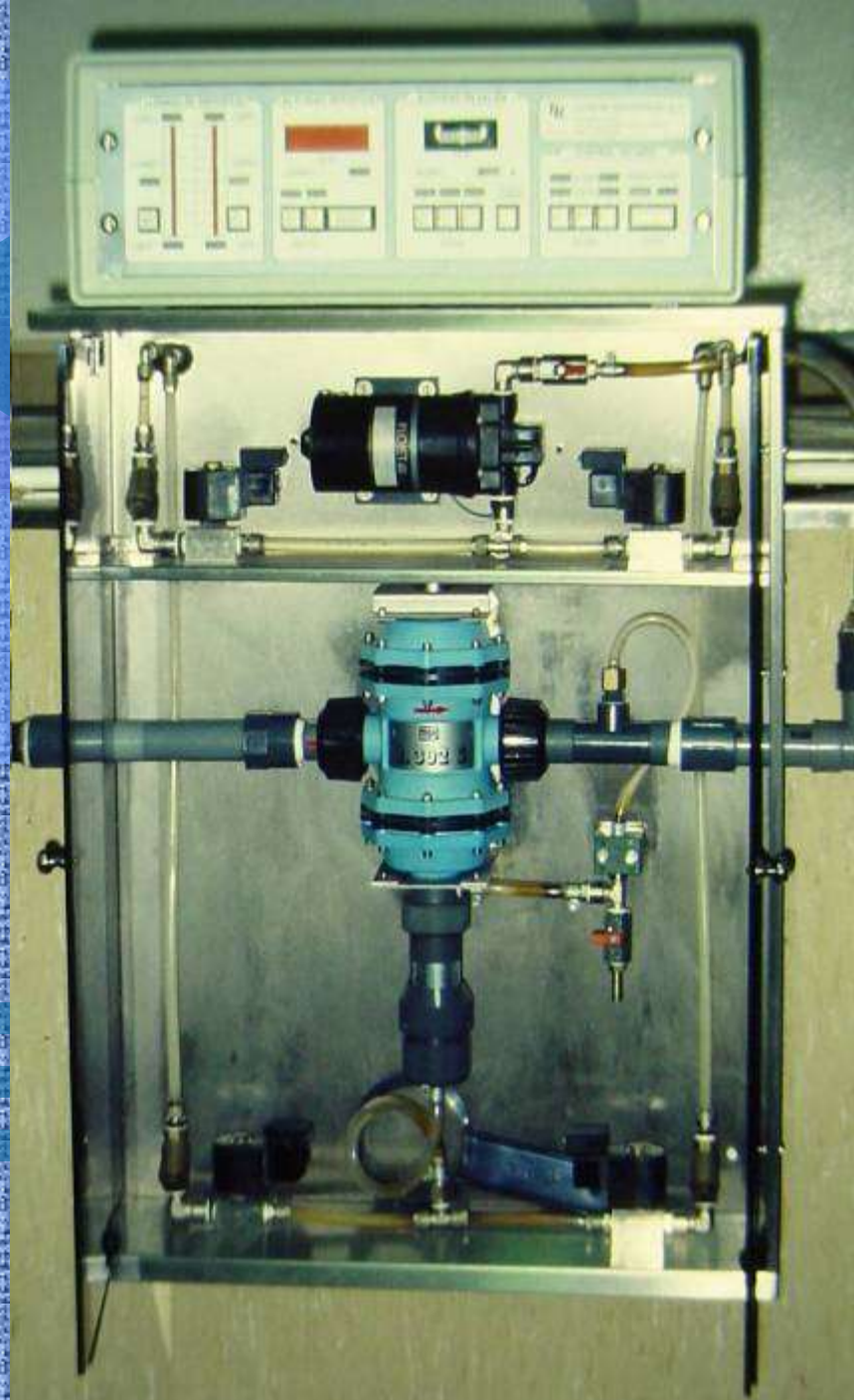
NOTE:
[Illegible text]

NOTE:
[Illegible text]
↓

NOTE:
[Illegible text]
↓





















ZONA VIGILADA



RIESGO DE CONTAMINACION



Contiene:
3.600 unidades



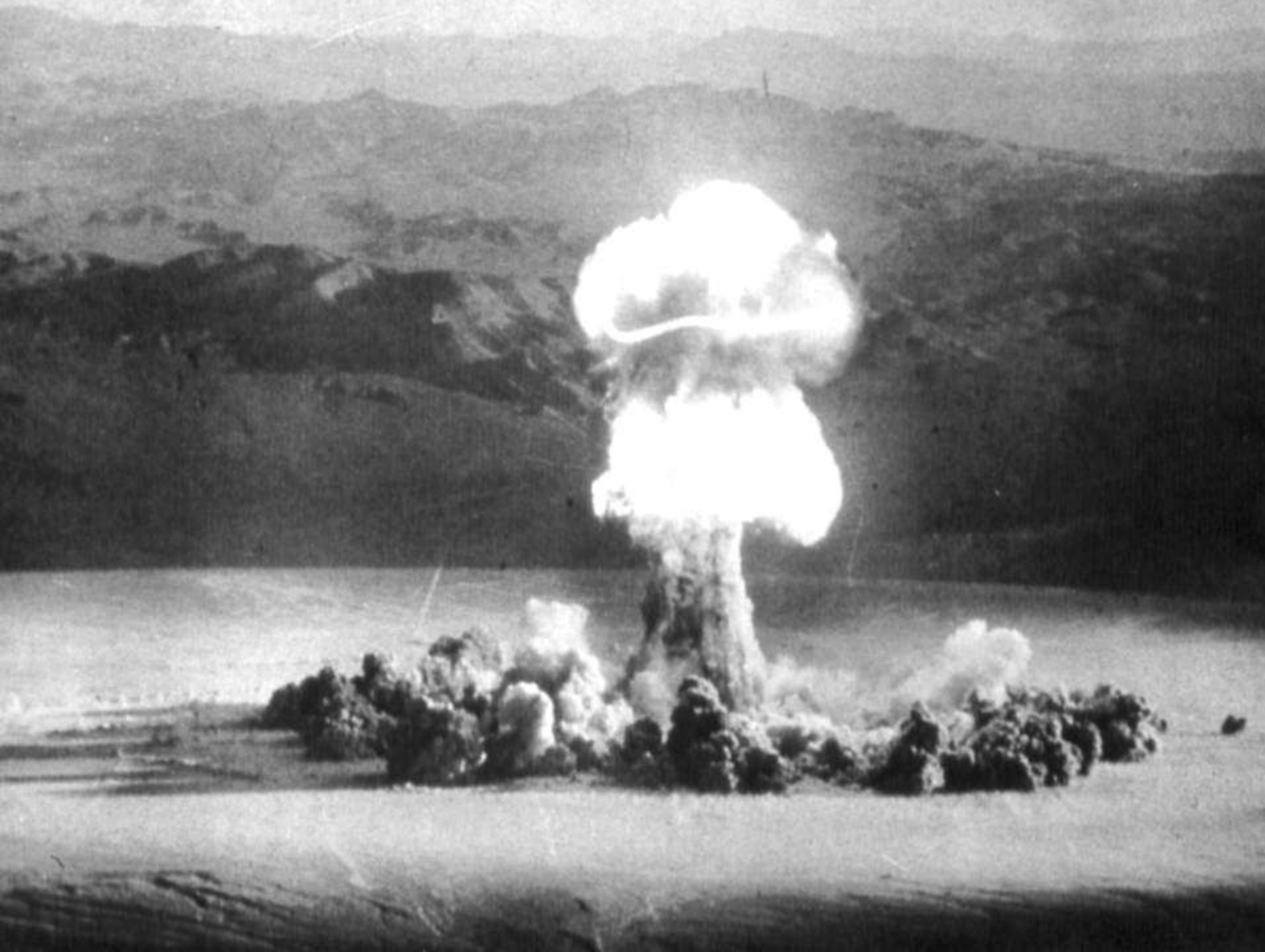


Percepción Social del Riesgo Radiológico

- Con el apellido radioactivo, radiológico o ionizante, se viene dando, desde siempre y de una forma generalizada, un fenómeno **paradójico**:
 - Por una parte nadie está dispuesto a prescindir de los beneficios que aportan todas las técnicas que llevan este apellido.
 - Por otra parte, sobre todo los mismos beneficiarios, nadie está dispuesto a aceptarlas en su proximidad.
- Incluso los propios Titulares de este tipo de instalaciones abordan el tema con sigilo y tratan de mantenerlo reservado frente al cliente, consumidor, usuario o paciente.

Percepción Social del Riesgo Radiológico

- La susceptibilidad de la población frente a este tipo de técnicas es muy superior, con gran diferencia, en relación a otras que en su proceso utilizan sustancias químicas o bacteriológicas que potencialmente entrañan una peligrosidad mayor.
- El desconocimiento es común a otras tecnologías y es comprensible.
- La desconfianza viene de una falta de comunicación adecuada y justificable por:
 - el hermetismo con que en el pasado autoridades y organismos reguladores han tratado estos temas
 - la desinformación que originan las fuentes alternativas de información que buscan más la resonancia social de los hechos, buscando el lado oscuro y negativo, y al mismo tiempo relacionando cualquier orden de magnitud con las grandes catástrofes acaecidas.







Percepción Social del Riesgo Radiológico

- Las instalaciones sanitarias tienen el menor rechazo social cuando son precisamente las que mayor participación tienen en la dosis de irradiación colectiva que recibe la población.
- En los países desarrollados son las responsables de un **30 %** de la dosis anual total, cuando de origen natural (cósmico y radiactividad natural terrestre) se recibe casi todo el resto.
- Comparativamente, de las fuentes artificiales, las instalaciones médicas son responsables del **94,9 %** de la dosis frente a fuentes de origen por vuelos supersónicos, lluvia radiactiva secundaria a explosiones nucleares en la atmósfera, y producción nucleoelectrónica.

Índice beneficio / riesgo

- El beneficio que aportan las actividades en las que concurre el uso de radiación ionizante comporta un riesgo asociado por radiación.
 - En el caso de que el beneficio sea evidente y se desea contar con éste, es siempre preceptivo el reducir el riesgo inherente a un valor tan bajo que sea aceptable.
- El **índice** beneficio/riesgo y la **posibilidad** de obtener, o no, el mismo resultado por otros medios, que no utilicen radiación ionizante, **justifica o deslegitima** el uso de radiaciones ionizantes para un fin concreto.
- La actividad, en la que está justificado el uso de radiación ionizante, debe **optimizarse** de tal modo que el riesgo asociado por radiación se minimice a un valor tan bajo como sea razonablemente posible para ser aceptable.

La Protección Radiológica.

Origen y desarrollo

- Seis meses después del descubrimiento de los rayos X por Roentgen, en 1896, se constató que éstos producían efectos nocivos.
- En el año 1915 y siguientes, las **operarias** de la Radium Luminous Materials Company que pintaban las esferas de relojes con una mezcla de radio y sulfuro de zinc presentaron una enfermedad que los odontólogos denominaron “mandíbula de radio” y que consistía en ulceraciones rebeldes a tratamiento en labios y encías, causadas por humedecer la punta de los pinceles con la boca.
- A medida que fueron ampliando en conocimientos, los científicos vieron con mayor preocupación los efectos potencialmente perjudiciales de la exposición a dosis altas de radiación.

ICRP

- Ante la evidencia de los daños producidos por la radiación, y la conciencia creciente en la comunidad científica de regular la exposición a radiaciones, durante el segundo Congreso Internacional de Radiología, en el año 1928.-
- La ICRP (Comisión Internacional de Protección Radiológica), se creó como órgano independiente y no gubernamental, compuesta por un panel multidisciplinar de expertos.
 - Es el Organismo Internacional dedicado al estudio y elaboración de normas en Protección Radiológica.

ICRP

- Las recomendaciones de la ICRP se aceptan como base de los reglamentos nacionales que rigen la exposición a las radiaciones.
- El OIEA (Organismo Internacional de la Energía Atómica), la OMS (Organización Mundial de la Salud), la Organización Internacional del Trabajo, y la Agencia para la Energía Nuclear de la OCDE han utilizado también las recomendaciones de la ICRP al formular sus normas en Protección Radiológica.

UNSCEAR

- La Asamblea General de las Naciones Unidas, consciente de la preocupación internacional por los efectos de la precipitación radiactiva resultante de los ensayos nucleares atmosféricos, creó, en 1955, el Comité Científico de las Naciones Unidas para el Estudio de los Efectos de las Radiaciones Atómicas (UNSCEAR).
- El UNSCEAR se encarga de recoger, estudiar y difundir información sobre los niveles observados de radiaciones ionizantes y radiactividad, tanto de origen natural como artificial, en el medio ambiente, así como sus efectos en el hombre y su medio ambiente.

JEN (Spain)

- En 1951, por Decreto Ley, se creó la Junta de Energía Nuclear (JEN) que ha proyectado su labor como Centro de Investigación, como Órgano asesor del Gobierno, como Instituto encargado de los problemas de seguridad y protección radiológica, y como impulsora del desarrollo industrial relacionado con las diversas aplicaciones pacíficas de la energía nuclear.
- La JEN ha sido el organismo pionero en protección radiológica que ha permitido la adquisición de conocimientos y experiencia para la mayor parte de todo el personal que actualmente se dedica, en diferentes ámbitos, a la protección radiológica en nuestro país.

CSN 1980 (Spain)

- El CSN Consejo de Seguridad Nuclear es el único Organismo competente en materia de seguridad nuclear y protección radiológica a nivel estatal.

La Protección Radiológica.

Especialidad

- La Protección Radiológica es una "Especialidad" de carácter pluridisciplinario, en la que junto a la Física y la Radioquímica tienen cabida, entre otras, las matemáticas, la geometría, la electrónica, la informática, la meteorología, la psicología, la biología, la medicina y el derecho.
- Su evolución no hubiera sido posible sin contar con la íntima colaboración de físicos, químicos, farmacólogos, ingenieros, informáticos, meteorólogos, psicólogos, biólogos, médicos y abogados, cuyo trabajo en equipo ha sido el verdadero artífice del creciente desarrollo de esta especialidad hasta el momento actual.

La Protección Radiológica.

Objetivo

- La Protección Radiológica tiene como finalidad la **defensa** de los individuos, sus descendientes y la humanidad en su conjunto contra los **riesgos** que se derivan de las actividades humanas, que por las características de los equipos que se manejan y los materiales que se utilizan, pueden implicar riesgos de exposición a radiaciones ionizantes.
- Los objetivos de la Protección Radiológica se cumplen mediante una serie encadenada de **acciones** conducentes a prevenir la producción de efectos biológicos no estocásticos y limitar la probabilidad de incidencia de efectos biológicos estocásticos hasta unos valores que se consideren aceptables para las personas profesionalmente expuestas y para los miembros del Público.

La Protección Radiológica.

Acciones

- Protección Radiológica es por tanto "**todo**" lo que se haga para reducir el riesgo que implica el uso de radiación ionizante.
- En este "**todo**" concurren muchos eslabones de acción:
 - Diseños, desarrollo de sistemas, establecimiento de procedimientos, sistemática de verificaciones, automatización de equipos, elementos redundantes de seguridad, acreditación para la manipulación de equipos, mantenimiento preventivo, calibración periódica, ergonomía de los puestos de trabajo, optimización y coordinación, sistemas de detección de radiación; control de acceso y salida, formación técnica y de habilidad manual de los trabajadores, señalización y definición de áreas en función del riesgo....

La Protección Radiológica.

Acciones

- Definición de una línea de mando y de responsabilidad,
- dosimetría de la radiación,
- selección y clasificación del personal
- limitación de dosis
- evaluación médica clínica, sensorial y psicológica de las personas que van a trabajar y trabajan en la instalación
- evaluación y previsión de la posibilidad de daños a personas o bienes
- vigilancia radiológica dentro y fuera de las instalaciones
- elaboración de un marco legal en el que se desenvuelven estas actividades
- formación e información continuada
- inspección de las instalaciones
- investigación retrospectiva sobre los accidentes acaecidos
- etc..

La Protección Radiológica.

Acciones - Fines

- Por tanto las actuaciones en Protección Radiológica son **dispare**s en técnicas, métodos y procedimientos.
- **Concurren** en un fin y una filosofía:
“Disminuir el riesgo directo como el potencial hasta un nivel admisible, en la medida que razonablemente sea posible”.

Las acciones de la protección radiológica están todas basadas en la observación de una serie de normas de protección que se han ido estableciendo tras las recomendaciones de grupos de expertos.

La Protección Radiológica.

Fines

- Prevenir o impedir la producción de efectos biológicos no estocásticos, reduciendo la dosis por debajo del umbral, para lo cual se establecerán límites lo suficientemente bajos.
- Limitar la probabilidad de incidencia de efectos biológicos estocásticos, hasta valores que se consideren aceptables.

La Protección Radiológica.

Principios

- Las normas de Protección Radiológica han venido sufriendo modificaciones para dar respuesta permanente a los **nuevos desafíos técnicos** en un continuado proceso de adaptación, en virtud del conocimiento que, en cada momento, se ha tenido sobre los riesgos de las radiaciones ionizantes.
- La protección radiológica de las personas y del medio ambiente de los posibles daños de la radiaciones ionizantes se fundamenta en la aplicación de tres **principios básicos**:
 - Justificación
 - Optimización
 - limitación de dosis:

JUSTIFICACION.-

- No se realizarán actividades que entrañen riesgos de exposición, a menos que se derive un beneficio neto de ellas y que ello no sea posible por otros métodos.
 - La justificación implica que cualquier actividad en la que exista una exposición a radiaciones ionizantes debe estar previamente justificada por las ventajas prácticas que de ella se deriven.
- Esto quiere decir, por ejemplo, que si a una persona se le realiza una radiografía de tórax es porque dicha radiografía proporciona un importante beneficio desde el punto de vista del diagnóstico de enfermedades; no estaría permitido que dicha radiografía se realizara porque sí, sin motivo que la justifique.

OPTIMIZACION.-

- Toda exposición a radiaciones ionizantes será lo más baja que razonablemente sea posible de alcanzar.
 - Este principio se traduce en la práctica en que las actividades que implican exposición a radiaciones ionizantes se planifican rigurosamente, analizándose en detalle qué se va a hacer y cómo se va a hacer, y estableciéndose las medidas de protección que sean necesarias para alcanzar el nivel de exposición más bajo posible.
- Es bastante habitual que este principio aparezca bajo la denominación de principio **ALARA**
 - "tan bajo como razonablemente sea posible alcanzar" (As Low As Reasonably Achievable).

LIMITACION INDIVIDUAL DE DOSIS.-

- Tanto para el Personal Profesionalmente Expuesto como para el Público, la dosis equivalente individual no superará los **Límites de Dosis** establecidos.
 - El principio de limitación de dosis implica que las exposiciones a radiaciones no deben superar determinados límites reconocidos internacionalmente, en cuyo rango, con los conocimientos científicos actualmente disponibles, se considera un riesgo muy bajo.
- En función de un riesgo máximo se establecen unos límites de dosis que no se deben superar para estar por debajo de ese dintel.

Límites de dosis actuales

- Los límites de dosis se establecen para que el incremento de probabilidad de los efectos estocásticos no supere cierto valor
 - (valor de riesgo máximo similar a la de otras actividades humanas de reconocido nivel de seguridad (mortalidad ocupacional media por riesgos ocupacionales de $1 / 10000$)).
- Los límites están establecidos muy por debajo del umbral de los efectos no estocásticos para que estos no se lleguen a producir nunca.
- Los límites de dosis que actualmente se recogen en la legislación española (Real Decreto 783/2001, de 6 de Julio) son
 - 20 milisievert por año para trabajadores profesionalmente expuestos a radiaciones ionizantes (100 mSv/5 años oficiales (50 mSv/año oficial))
 - 1 milisievert por año para las personas del público.

UNIDADES DE DOSIS

- **Exposición.-**

- SI.- **Culombio/ Kg** y (Roentgen (R)) $1\text{C/Kg} = 3880 \text{ R}$
- Es el valor absoluto de la carga de los iones del mismo signo producidos por la interacción de fotones con una unidad de masa de aire.

- **Dosis absorbida.-**

- SI.- **Gray (Gy) J/Kg** y ((rad (radiation absorbed dose) = 100 ergios por gramo de sustancia irradiada)).
 - 1 Gray = 100 rad
 - 1 rad equivale a 10 miliGrays mGy
- Energía depositada en una unidad de masa por una radiación de cualquier tipo.
- Energía absorbida por un tejido en un lugar determinado.

- **Dosis Equivalente.-**

- SI.- **Sievert (Sv)** y (rem (roentgen equivalent man))
 - 1 Sv = 1 Gy cuando el factor de calidad es 1.
 - 1Sv = 100 rem
- Dosis Equivalente = Dosis Absorbida x Factor de Calidad (Q) de la radiación.
- Es la dosis absorbida de una radiación de cualquier tipo que produce el mismo efecto biológico (ponderación calidad de radiación y tipo de tejido).
- Fin.- Evaluar el riesgo de aparición de efectos estocásticos en el hombre.

REFERENCIA DE MAGNITUDES DE DOSIS

- El millisievert (**mSv**) es la unidad utilizada para medir las dosis de radiación con efectos biológicos.
- Para tener una idea de su magnitud se puede indicar que:
 - Como consecuencia de la exposición a la radiación natural procedente de los rayos cósmicos una persona puede recibir como media 0,25 millisievert /año.
 - Como consecuencia de la exposición a la radiación natural procedente de la corteza terrestre una persona puede recibir como media 0,45 millisievert /año (en España).
 - Como consecuencia de la exposición a la radiación natural procedente del gas radón una persona puede recibir como media 1,20 millisievert/año (en España). La relación dosis-concentración de radón es de 1 mSv/año por cada 20 Bq/m³ de concentración de radón en el aire.

REFERENCIA DE MAGNITUDES DE DOSIS

- El millisievert (mSv) :
 - Como consecuencia de la exposición a la radiación natural procedente de alimentos y bebidas una persona puede recibir como media 0,30 millisievert /año.
 - La dosis de referencia de una radiografía de tórax es 0,3 millisievert en la piel del paciente.
 - Como consecuencia de una exploración radiográfica de aparato digestivo una persona puede recibir como media 3 millisievert .
 - Como consecuencia de una exploración radiográfica de cabeza mediante tomografía axial computarizada (TAC) una persona puede recibir 3 millisievert.

Detectores de radiación ionizante

- Los detectores de radiación son unos instrumentos para detectar, medir y analizar las RI.
- Base física de detección:
 - 1) Ionización de gases. Las RI sobre un gas provocan ionización de sus átomos (iones positivos y electrones negativos). El gas pasa de aislante a conductor. Se mide la corriente eléctrica y se conoce la intensidad de la radiación.
 - 2) Excitación de luminiscencia en sólidos. Las RI sobre un sólido transparente provocan excitación de la materia, al desexcitarse ésta se emiten fotones luminosos TLD. Se detectan los destellos de luz mediante fotomultiplicadores (células fotoeléctricas muy sensibles) y se mide y analiza la radiación.
 - 3) Disociación de la materia. Las RI ceden energía rompiendo los enlaces químicos de la materia (disociación). Este efecto en una placa fotográfica causan impresión negra, se mide la intensidad del ennegrecimiento de la placa.

Uso de los detectores de radiación ionizante

- Protección de operadores (TPE).
 - Dosímetro personal TLD (corporal y muñeca)
 - Dosímetros electrónicos de lectura directa DLD
 - Detectores de radiación para monitorización en continuo de dependencias y salas.
- Protección de operadores y público.
 - Equipos para la detección y medida de la radiación para verificar los niveles de radiación y de contaminación en los puestos de trabajo y en las áreas accesibles para el público y en los perímetros de las salas y de las instalaciones.
- Protección del paciente.
 - Equipos de detección y medida de la radiación para cuantificar la radiación y la calidad de ésta que emiten los diversos aparatos, tanto de diagnóstico como de radioterapia, para proteger al paciente sometido a estudio o a tratamiento.
 - ITV del equipamiento (nivel de referencia inicial).

Uso de los detectores de radiación ionizante

- Detección de radiación para obtener imágenes del paciente.
 - Sistemas de sensores electrónicos sensibles a la radiación que incorporan los equipos para evidenciar la radiación y registrarla en forma de imagen:
 - Chasis de Almacenamiento de Fósforo.
 - chasis o cassette que contiene una lámina de fósforo capta y almacena la información
 - Sistemas CCD (Charge Couple Device) los CMOS y los flat panel de silicio amorfo.
 - Sensores que están fijos y conectados directamente al ordenador.
 - No hay que manipular chasis

La Protección Radiológica.

Ámbitos de aplicación

- Instalaciones radiactivas industriales, de usos médicos y de investigación
- Instalaciones de rayos X de uso médico
- Instalaciones radiactivas de la primera parte del ciclo del combustible
- Instalaciones de Energía Nuclear
- Instalaciones para la gestión de Residuos Radiactivos
- Transporte de material radiactivo
- Medio ambiente : Radiactividad natural, lluvia radiactiva, impacto radiológico de instalaciones, monitorización de efluentes, etc..

La Protección Radiológica.

Ámbito administrativo

- Las instalaciones radiactivas y de Radiodiagnóstico están sujetas a un **régimen específico de autorizaciones administrativas** y a una **regulación específica de su funcionamiento**.
- El Organismo Regulador de estas actividades en España es el Consejo de Seguridad Nuclear.
 - El CSN fue creado en 1980 como único Organismo competente en seguridad nuclear y protección radiológica, según se establece en su Ley de Creación (Ley 15/80), en la que también se formula que, es un Ente de Derecho Público, independiente de la Administración Central de Estado, con personalidad Jurídica y patrimonio propio e independiente de los del Estado.
 - Este Organismo se autofinancia, mediante recursos provenientes de la recaudación de tasas por los servicios que presta.

CSN

- Consejo de Seguridad Nuclear: Organismo Regulador de actividades que comportan riesgos radiológicos.
- Señas: independencia y objetividad
- Actuaciones del CSN: se sitúan al margen de cualquier interés particular
- Misión: no es opinar, sino velar por la seguridad de las instalaciones y la protección de las personas.
- Dispone de: cualificados expertos y equipos multidisciplinares de especialistas en tecnologías nucleares, protección radiológica, vigilancia y control del medio ambiente, salud y legislación, entre otras áreas.
- Es precisamente esta combinación interdisciplinar de conocimientos la que permite al organismo actuar con la objetividad que la sociedad exige.

Radiobiología

- Estudia los fenómenos que suceden a la absorción, por los tejidos biológicos, de energía de las radiaciones ionizantes.
 - Lesiones que se producen
 - Mecanismos compensadores

Acción de la radiación sobre material biológico

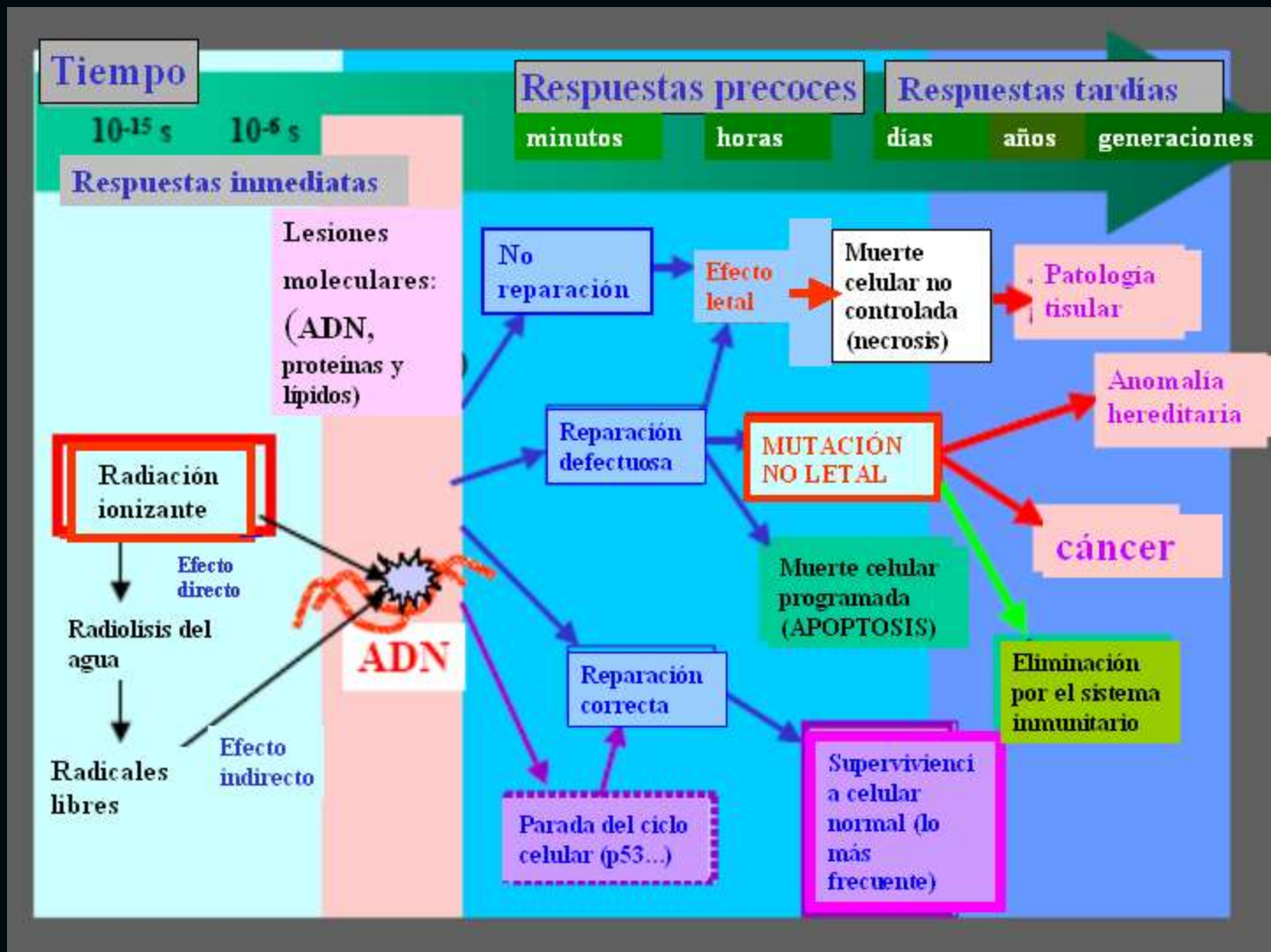
- La interacción de la radiación a nivel celular es al **azar** y no selectivo:
 - Carácter probabilístico
 - Carácter aleatorio
- Las lesiones celulares por radiación :
 - **No son específicas**
- La acción de la radiación a nivel celular es
 - **Siempre de tipo lesivo**
- Latencia
 - Las alteraciones biológicas en una célula que resultan por la radiación no son inmediatas

Mecanismos

- **DIRECTO .-**
 - Rotura de moléculas "clave" (Teoría Impacto)
- **INDIRECTO .-**
 - Afecta al "medio" en que se desarrollan las funciones celulares. (Iones y radicales libres)

Relación dosis respuesta

- **EFFECTOS NO ESTOCASTICOS**
 - Sólo se producen cuando la dosis alcanza un determinado valor umbral.
 - La gravedad depende de la dosis.
 - Aparición inmediata.
- **EFFECTOS ESTOCASTICOS**
 - No presentan umbral.
 - La probabilidad de que sucedan aumenta con la dosis.
 - Su aparición puede ser muy tardía o en siguientes generaciones.
 - Su gravedad es independiente de la dosis.



Normas para reducir la dosis a operadores de las instalaciones

- TPE (trabajadores profesionalmente expuestos) son las personas sometidas, por las circunstancias en que se desarrolla su trabajo, bien sea de modo habitual, bien sea de modo ocasional, a un riesgo de exposición a las radiaciones ionizantes.
- La implementación de normas de radioprotección permite, en todos los casos, conseguir que todo el personal reciba dosis muy inferiores a los límites establecidos,

Medidas de protección TPE las instalaciones

- **Formación.-**
 - Correctamente informado y formado sobre los riesgos de exposición a las radiaciones ionizantes en su puesto de trabajo.
 - acreditación que le faculte para utilizar los equipos emisores de rayos X.
 - Reglamento PSRI y procedimientos de operación establecidos en la instalación.
 - Formación continuada.
- **Dosimetría personal y vigilancia médica.-**
 - Dosímetro personal y medios de protección.
 - Revisión médica específica.
- **Puestos de operación.-**
 - Acondicionados y blindados frente a la radiación.
 - Los niveles de radiación verificados por expertos en protección radiológica.
- **Embarazadas y estudiantes en prácticas.-**

Recomendaciones generales para la reducción de dosis al paciente. 1

- Sabemos que la imagen radiológica se produce por la interacción de los rayos X al atravesar los tejidos del organismo.
 - Por la naturaleza misma de esta interacción se produce una inevitable irradiación del sujeto.
- La responsabilidad clínica consiste en llegar a adquirir los datos útiles para el diagnóstico, pero una de las responsabilidades técnicas importantes es la de reducir la radiación al mínimo indispensable (**ALARA**).

Recomendaciones generales para la reducción de dosis al paciente. 2

- La primera premisa es la de la **justificación** en la indicación para la realización de una exploración en la que concurra el uso de los rayos X.
- Mentalización y concienciación del que prescribe la exploración.
- Valoración previa del beneficio/riesgo. Este binomio es necesario el tenerlo en cuenta de cara a evitar:
 - exploraciones sin indicación clara
 - las de complacencia con el paciente
 - o las que por otros motivos sabemos que no van a aportar realmente nada.

Recomendaciones generales para la reducción de dosis al paciente en radiodiagnóstico. 3

- Los principios de la reducción de la dosis radiológica son bien conocidos.
- Los dos elementos básicos que condicionan la radiación del enfermo son la **dosis y el volumen de tejido irradiado**.
 - Es evidente que el volumen del tejido que tiene que atravesar la radiación debe ser reducido al mínimo necesario limitando la apertura de los diafragmas o la zona de barrido. Por lo tanto, la primera norma para reducir la radiación es reducir el área irradiada al mínimo indispensable y proteger el resto.
 - El segundo punto sería la reducción de la dosis de radiación. A este respecto los métodos técnicos tienden a mejorar la sensibilidad en la detección de la imagen latente para que sea necesaria una menor cantidad de radiación. En este punto puede describirse:

Reducción de dosis al paciente

- Supresión de las exposiciones inútiles.
 - Mentalización del personal de operación para obtener el número de imágenes radiográficas necesarias para el diagnóstico.
 - Posibilidades de errores humanos en el posicionamiento y en la exposición.
 - Fiabilidad del equipamiento evita el tener que repetir estudios por mala calidad.
- Factores técnicos.
 - Precisión en las características de emisión y sensibilidad en la detección.
 - Los equipos actuales deben tener marcado CE y deben cumplir una serie de requisitos técnicos previos para su aceptación y puesta en marcha por primera vez.
 - Se establece un estado de referencia inicial y el equipo en las sucesivas revisiones debe mantenerse en este estado de operatividad.
 - Las revisiones (una especie de ITV) son anuales y las llevan a cabo unas Unidades Técnicas de Protección Radiológica UTPR autorizadas por el Consejo de Seguridad Nuclear.

Desarrollo normativo europeo

- Tratado constitutivo de la Comunidad Europea de la Energía Atómica, establecido en 1957
- Acta de adhesión de España a las Comunidades Europeas
- Acta Única Europea
 - implican el sometimiento a una serie de poderes jurídicos, que nacen de la facultad atribuida a los órganos comunitarios de dictar normas directamente aplicables en los Estados miembros, como si de un Derecho interno se tratara, en forma de Reglamentos, Directivas o Decisiones.
- La fuerza de actuación de estos poderes jurídicos se proyecta inequívocamente sobre las más importantes cuestiones que se producen en el ámbito de la protección radiológica.
- España queda obligada al cumplimiento de las normas comunitarias que sean dictadas sobre protección sanitaria de la población, de los trabajadores y sobre control permanente de la radiactividad ambiental.
- Todo el desarrollo legislativo actual es resultado de la transposición de las Directivas Europeas.

Desarrollo normativo nacional

- **Con rango de Ley**
 - Ley 25/64, de 29 de abril, sobre Energía Nuclear, (B.O.E. 04-05-64), modificada parcialmente por la Ley 25/68, de 20 de junio.
 - Ley 15/80, de 22 de abril, de Creación del Consejo de Seguridad Nuclear. (B.O.E. 25 04-80) reformada por la Ley 33/2007 de 7 de noviembre (BOE nº 268 de 8 de noviembre de 2007)

Desarrollo normativo nacional

Reglamentos GENÉRICOS

- Real Decreto 1157/82, de 20 de abril, por el que se aprueba el Estatuto del Consejo de Seguridad Nuclear. (B.O.E. 07-06-82), modificado por el Real Decreto 1440/2010, de 5 de noviembre, por el que se aprueba el Estatuto del Consejo de Seguridad Nuclear (BOE nº 282, 22/11/2010).
- Real Decreto 1836/1999, de 3 de Diciembre, por el que se aprueba el Reglamento sobre instalaciones nucleares y radiactivas. (BOE, nº313. 31/12/99). (Derogó al Decreto 2869/72 de 21 de julio, por el que se aprueba el Reglamento sobre Instalaciones Nucleares y Radiactivas. (B.O.E 24-10-72).
- Real Decreto 783/2001, de 6 de Julio, por el que se aprueba el Reglamento sobre Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes. (BOE, nº178. 26/7/01). (Derogó al Real Decreto 53/1992, de 24 de Enero, por el que se aprueba el Reglamento sobre Protección Sanitaria contra las Radiaciones Ionizantes. (BOE, nº37. 12/2/92) Este había derogado los Reales Decretos 2.519/82, de 12 de agosto, y 1.753/87, de 25 de noviembre, como disposiciones anteriormente vigentes sobre la materia. (B O E 12-02-92) La corrección de erratas fué publicada en el B.O E de 15 04 92.).

Desarrollo normativo nacional

Reglamentos PROTECCIÓN

DEL PACIENTE

- Real Decreto 1132/90, de 14 de septiembre, por el que se establecen medidas fundamentales de Protección Radiológica de las Personas sometidas a Exámenes y Tratamientos Médicos. (B O E 18-09-90)
- Real Decreto 1891/1991, de 30 de Diciembre, sobre instalación y utilización de aparatos de rayos X con fines de diagnóstico médico. (BOE, nº3. 3/1/92). Real Decreto 445/1994, de 11 de marzo, (BOE 22 04-94), por el que se amplía el plazo contenido en las disposiciones transitorias cuarta y quinta del Real Decreto 1891/1991, de 30 de diciembre, sobre Instalación y Utilización de Aparatos de Rayos X con fines de Diagnóstico Médico.
 - El Real Decreto 1891/1991 se ha revisando recientemente para ser modificado en profundidad y se le ha dado una nueva redacción completa en el Real Decreto 1085/2009, de 3 de julio, por el que se aprueba el Reglamento sobre instalación y utilización de aparatos de Rayos X con fines de diagnóstico médico (BOE 18/07/2009).

Desarrollo normativo nacional

Reglamentos PROTECCIÓN

DEL PACIENTE

- Resolución de 5 de noviembre de 1.992, del Consejo de Seguridad Nuclear, por la que se establecen las Normas a que habrán de sujetarse la Homologación de Cursos o Programas que habiliten para la Dirección y Operación de las Instalaciones de Rayos X con fines Diagnósticos, y la Acreditación Directa del Personal que ejerza dichas funciones (B.O.E. 14-11-92). Modificada por Resolución del CSN de 1 de octubre de 1993 (B.O.E. 20-10-93).
- Real Decreto 478/1993, de 2 de abril, por el que se regulan los Medicamentos Radiofarmacéuticos de uso Humano. (B.O.E. 07-05-93)
- Real Decreto 815/2001, de 13 de Julio, sobre justificación del uso de las radiaciones ionizantes para la protección radiológica de las personas con ocasión de exposiciones médicas. (BOE, nº168. 14/7/01)

Desarrollo normativo nacional

Reglamentos CONTROL DE CALIDAD

- Real Decreto 1841/1997, de 5 de Diciembre, por el que se establecen los criterios de calidad en Medicina Nuclear. (BOE, nº303. 19/12/97)
- Real Decreto 1566/1998, de 17 de Julio, por el que se establecen los criterios de calidad en Radioterapia. (BOE, nº206. 28/8/98)
- Real Decreto 1976/1999, de 23 de Diciembre, por el que se establecen los criterios de calidad en radiodiagnóstico. (BOE, nº311. 29/12/99)

TIPO DE ZONA	COLOR DEL TRÉBOL	OTRAS DISTINCIONES EN EL TRÉBOL
zona vigilada	gris magenta	• puntos radiales en los extremos: peligro de irradiación externa • campo punteado alrededor del trébol: peligro por contaminación • ambas señales: peligro por contaminación externa y radiación
zona controlada	verde	
zona permanencia limitada	amarillo	
zona prohibida	rojo	