



## EXPOSICIÓN A RADIACIONES

# RADIACIONES RI-RNI (interactúan con los sistemas biológicos)

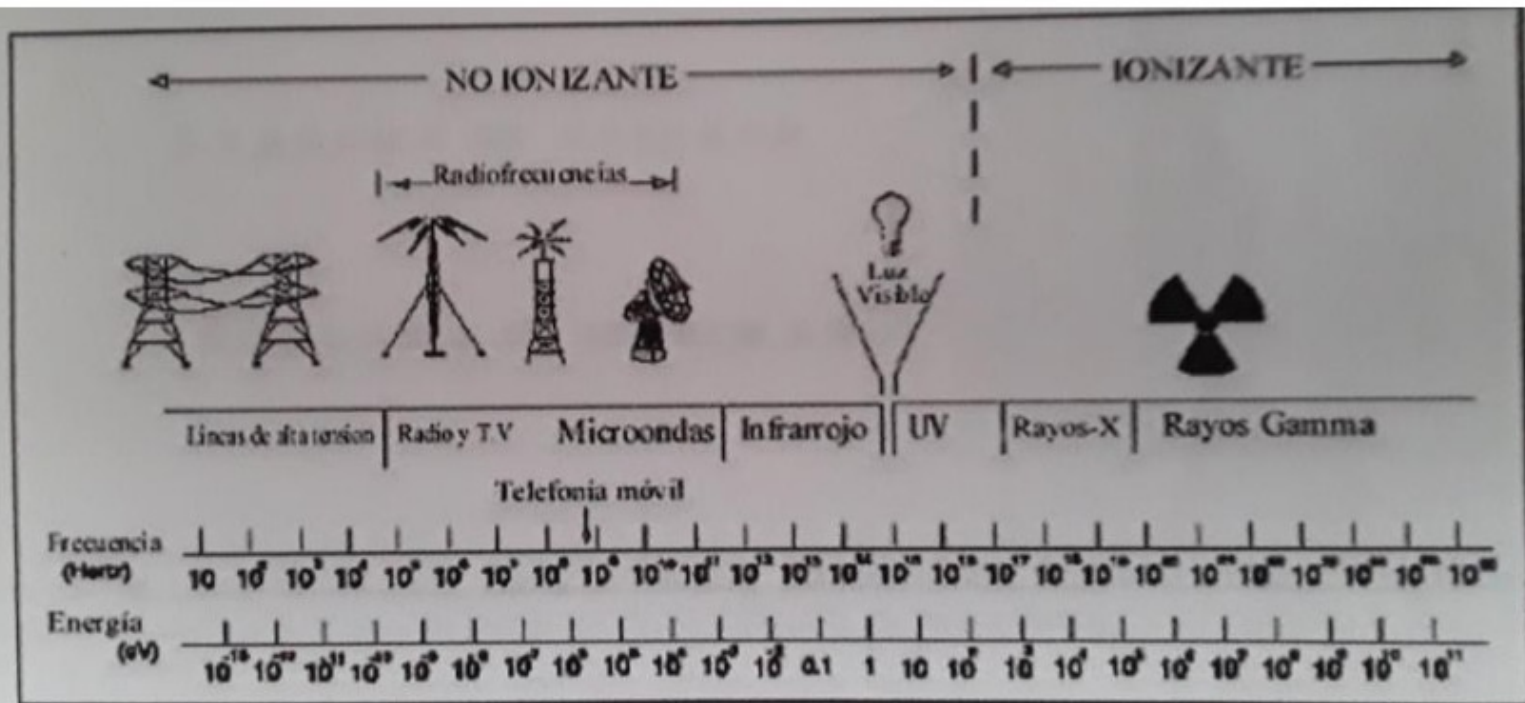
- ▶ RADIACIÓN: energía transmitida por ondas.
- ▶ RADIACIONES IONIZANTES (RI): RAYOS X, GAMMA, PARTÍCULAS RADIANTES ALFA Y BETA EMITIDAS POR LOS MATERIALES RADIOACTIVOS Y ACELERADORES NUCLEARES

Afectan las células mediante la expulsión de un electrón de un átomo o molécula.

- ▶ RADIACIONES NO IONIZANTES (RNI): engloba toda la radiación y los campos del espectro electromecánico que no tienen suficiente energía para ionizar la materia. La RNI es incapaz de impartir suficiente energía a una molécula o átomo como para alterar su estructura quitándole uno o mas electrones.

División entre RI y RNI: 100 nanómetros





Espectro electromagnético: algunas aplicaciones fundamentales, sus energías y frecuencias. (Fuente FCC) 3

Regiones y Subregiones del Espectro Electromagnético:  
Radiación Óptica, Radiofrecuencias y Bajas Frecuencias.

# Radiaciones Ionizantes

Tienen energía suficiente como para afectar las células mediante la expulsión de un electrón de un átomo o de una molécula.

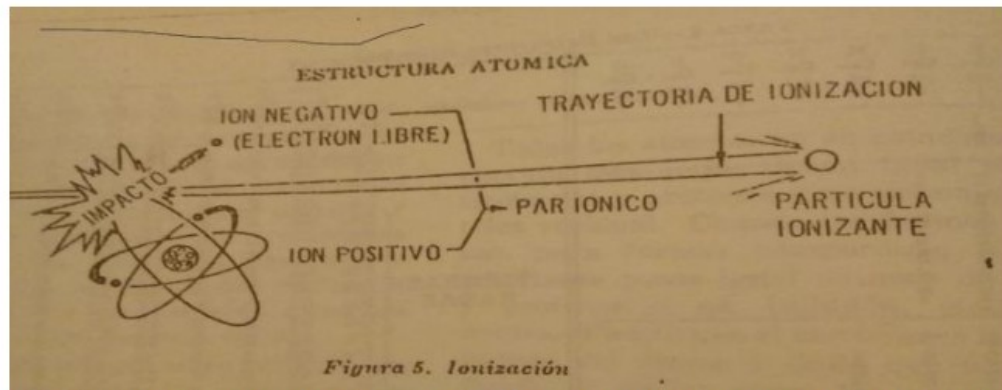
Radiaciones cuyas partículas o fotones transportan la suficientemente energía como para provocar la ionización de átomos que encuentran a su paso. Por eso se denominan Radiaciones Ionizantes

RAYOS X, GAMMA, PARTÍCULAS RADIANTES ALFA Y BETA  
EMITIDAS POR LOS MATERIALES RADIOACTIVOS Y  
ACELERADORES NUCLEARES

---

# Radiaciones Ionizantes

- ▶ Átomo:



- ▶ Los efectos de la ionización que produce este tipo de radiaciones pueden ser significativos pues al destruirse la neutralidad eléctrica de los átomos se modifica el comportamiento químico de las moléculas de cuya estructura forman parte. Si ello ocurre en células vivas, pueden originarse efectos sobre la salud de gravedad diversa aún con valores de energía muy pequeños.
- ▶ Radiaciones ionizantes constituyen un factor de riesgo de naturaleza física (pues el fenómeno inicial de ionización es de carácter físico), pueden provocar daños en las estructuras biológicas a través de un incremento en la reactividad química del medio

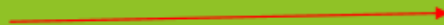
Gráfico: Ing. Arias- Curso Radiofísica Sanitaria, Carrera de Especialización Higiene y Seguridad en el Trabajo (UBA).



# Radiaciones Ionizantes

- ▶ El Átomo es la unidad mas simple en la que puede dividirse un elemento, conservando las propiedades originales del mismo.
- ▶ El Átomo, normalmente, posee igual cantidad de protones con carga positiva en su núcleo y electrones orbitales con carga negativa, por lo que el átomo en su conjunto constituye una estructura eléctricamente neutra. Esta situación es relativamente estable pues los electrones orbitales están vinculados a los núcleos por fuerzas eléctricas y no pueden romper ese vínculo a menos que reciban un aporte de energía que lo haga posible.
- ▶ Estas energía suelen expresarse en eV (electrón Volt) ( $1\text{eV} = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Joule).
- ▶ Cierta tipo de Radiaciones, al interactuar con las estructuras atómicas, pueden transferirles la energía necesaria para romper ese vínculo. Este fenómeno se conoce como Ionización y las radiaciones que lo provocan Radiaciones Ionizantes.

**Radiaciones  
Ionizantes**



**aquellas radiaciones con capacidad de  
ionizar los átomos de la materia que  
encuentra a su paso**

---

## Radiaciones Ionizantes- Radiactividad y Emisiones Radiactivas

**Ciertos átomos no son estables y manifiestan un fenómeno denominado Radiactividad.**

- ▶ La estabilidad del núcleo de un átomo está determinada por la disposición y combinación particular de los neutrones y protones. Si la combinación no cae dentro del “límite de estabilidad”, el núcleo es inestable, lo que equivale a decir que es radioactivo. Todo núcleo inestable trata de lograr la estabilidad cambiando su configuración, es decir la proporción de neutrones y protones, mediante la desintegración espontánea o radiactiva.
- ▶ La intensidad con que se produce este fenómeno recibe el nombre de **Actividad** y representa el número de desintegraciones que ocurre por unidad de tiempo en una sustancia radiactiva (ello depende del tipo de sustancia radiactiva y de su masa).
- ▶ La unidad de actividad es el Becquerel que equivale a 1 desintegración por segundo.
- ▶ Las principales emisiones radiactivas se denominan **alfa, beta y gamma**.
- ▶ Este fenómeno no es controlable ni es posible interrumpir. La actividad de una sustancia radiactiva decae exponencialmente en función del tiempo.
- ▶ Una medida muy útil del ritmo con que se produce el decaimiento espontáneo es el Tiempo de Semidesintegración (o sea el tiempo en que la actividad inicial se reduce a la mitad). Este tiempo es característico de cada sustancia radiactiva y puede variar desde algunos segundos hasta miles de millones de años.

---

## Radiaciones Ionizantes- Radiactividad y Emisiones Radiactivas

- ▶ Las emisiones radiactivas **gamma** son de naturaleza electromagnética y se originan en el núcleo de algunos átomos radiactivos. Sus energías se encuentran en un rango de algunos keV hasta algunos MeV.
- ▶ Las emisiones radiactivas **alfa** son partículas constituidas por dos protones y dos neutrones, su carga eléctrica es +2 (tomando como unidad la carga eléctrica de un protón).
- ▶ Las emisiones radiactivas **beta** negativas consisten en partículas iguales a electrones que son emitidas toda vez que un neutrón se transforma en un protón. Su carga eléctrica es -1.
- ▶ Las emisiones radiactivas beta positivas o **positrones** consisten en partículas iguales a electrones que son emitidas toda vez que un protón se transforma en un neutrón. Su carga eléctrica es +1.
- ▶ Los **Rayos x** consisten en radiaciones electromagnéticas originadas en la colisión de un haz de electrones contra un material de alto número atómico como el Tungsteno (habitualmente llamado blanco). La colisión puede tener lugar en el interior de un tubo de rayos x o un acelerador de electrones



# Radiaciones Ionizantes-Efectos

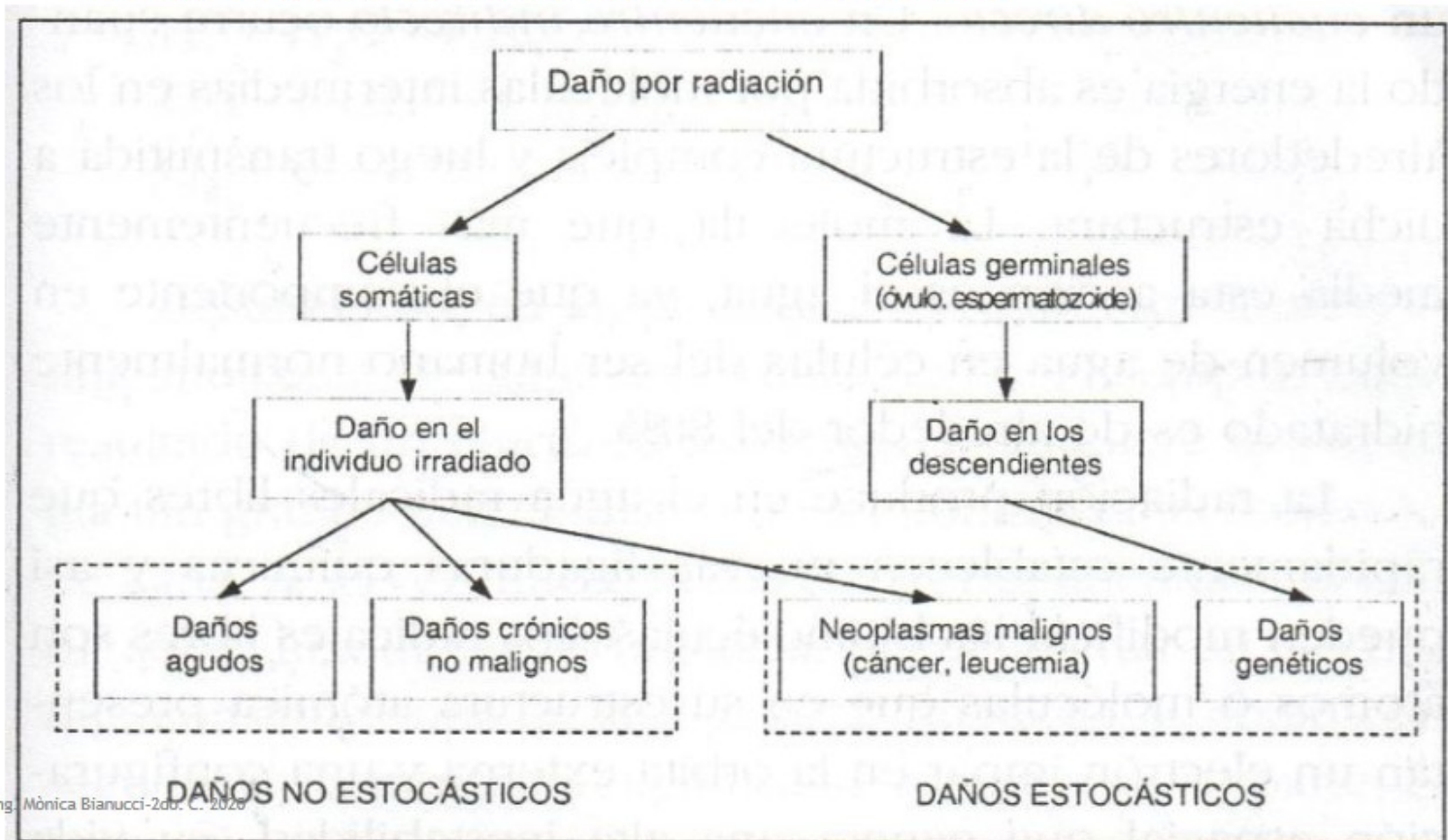
## EFFECTOS DETERMINÍSTICOS O NO-ESTOCÁSTICOS

- ▶ La probabilidad de que ocurra el efecto y la gravedad del mismo requiere la existencia de una cierta dosis umbral.
- ▶ Ej.: cataratas inducidas por la radiación.

## EFFECTOS RETARDADOS O ESTOCÁSTICOS

- ▶ Efectos en la salud que suceden aleatoriamente cualquiera sea el nivel de la dosis absorbida.
- ▶ No existe umbral de dosis, ya que toda exposición a la radiación ionizante, se asocia a una dada probabilidad de ocurrencia.
- ▶ Ej: efectos hereditarios.

# Radiaciones Ionizantes-Efectos



## Resultado de Estudio Epidemiológico: leucemia relacionada con la Radiación en Hiroshima y Nagasaki

- ▶ Las bombas fueron arrojadas en agosto de 1945
- ▶ El estudio se realizó entre 1946 y 1964

Precisión del diagnóstico en 1098 casos de leucemia

	Hiroshima	Nagasaki	Total	%
Diagnóstico	Numero de casos	Numero de casos	Numero de casos	
Definido y probable	562	397	959	87,3
Posible	63	66	129	11,7
Información incompleta	4	6	10	1,0

Conclusiones:

- ▶ Durante el período en estudio, la leucemia se desarrolló excesivamente en las personas expuestas dentro de los 1500 metros del epicentro.
- ▶ Disminución del período de latencia en las personas expuestas dentro de los 1500 metros del epicentro.  
Período de Latencia: intervalo de tiempo entre la exposición a la radiación y la aparición de síntomas

# Radiaciones Ionizantes

<p><b><u>Radiaciones directamente ionizantes</u></b></p>	<p><b>Partículas alfa y beta</b></p> <p>constituidas por partículas cargadas eléctricamente (alfa y beta), pueden ionizar directamente los átomos del material con el que interactúan.</p>
<p><b><u>Radiaciones indirectamente ionizantes</u></b></p>	<p><b>Los rayos x y gamma</b> (radiaciones electromagnéticas) y los <b>neutrones</b>, que no poseen carga eléctrica, al interactuar con la materia, liberan partículas cargadas que son las que a su vez ionizan los átomos del material.</p>



## Radiaciones Ionizantes- Capacidad de penetración

- ▶ Capacidad de penetración Un aspecto importante de la interacción radiación–materia consiste en la **capacidad de penetración de la radiación**.

Las **radiaciones directamente ionizantes** son poco penetrantes (el alcance o máxima penetración es de algunos micrones para las partículas alfa y algunos milímetros para las partículas beta cuando interactúan con agua o tejidos biológicos).

Las **radiaciones indirectamente ionizantes** no tienen un alcance máximo en la materia. Su intensidad se atenúa exponencialmente en función del espesor del material y, en rigor, esa intensidad resulta nula sólo para espesores infinitos de materia.



# Radiaciones Ionizantes

- ▶ La percepción de los riesgos de las radiaciones ionizantes evolucionó desde una confiada ignorancia hasta el conocimiento de los efectos biológicos de nuestros días. Acompañando ese conocimiento nació y creció una interdisciplina nueva:

## Protección Radiológica.

- ▶ ICRP Los primeros trabajadores con fuentes de radiación ionizante fueron los médicos dedicados a las exploraciones radiológicas y, en vista de los daños que experimentaban, el Segundo Congreso Internacional de Radiología celebrado en 1928, recomendó la creación de un Comité Internacional para estudiar el problema. Ese fue el origen de lo que hoy se conoce como

### ***Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP) ([www.icrp.org](http://www.icrp.org)) y el comienzo formal de la Protección Radiológica.***

Las primeras recomendaciones emitidas se referían a valores de blindajes que entonces se consideraban necesarios para la protección de los radiólogos y poco después a los valores de dosis de radiación que no debían exceder las personas que trabajaban con radiaciones.

## PROTECCION RADIOLOGICA .MAGNITUDES Y UNIDADES

- **Dosis Absorbida** o simplemente Dosis. Representa la energía absorbida en un medio por unidad de masa - Se expresa en Gray (Gy), que equivale a 1 Joule /kg.

La definición de Dosis Absorbida permite su aplicación a cada punto del volumen irradiado de un material pero, a los fines de la Protección Radiológica, suele ser suficiente conocer la dosis media en cada órgano o tejido habitualmente denominada Dosis en Órgano (DT).

La distribución microscópica de los iones en el material irradiado difiere significativamente según el tipo de radiación. **A igualdad de dosis involucrada, distintos tipos de radiación ionizante pueden provocar efectos biológicos de distinta intensidad.** A fin de tener en cuenta este efecto se define la magnitud **Dosis Equivalente (H)**; se obtiene a partir de la dosis media en un órgano DT y un factor de ponderación  $w_r$  que depende del tipo de radiación.

- Esta magnitud se expresa en Sievert (Sv) y dimensionalmente es también equivalente a joule/kg. Los valores del factor de ponderación  $w_r$  para los distintos tipos de radiación tienen su origen en un concepto radiobiológico denominado Eficiencia Biológica Relativa asociado con la distribución microscópica de la energía.  
 $H = D \cdot w_r$
- Factores de ponderación de la radiación,  $w_r$  debido a su eficiencia biológica relativa



Tipo de radiación	$w_r$
Rayos X – Rayos gamma	1
Electrones	1
Neutrones	5 a 20
Protones	5
Partículas alfa, fragmentos de fisión y núcleos pesados	20

$$H = D \cdot w_r$$

## PROTECCION RADIOLOGICA .MAGNITUDES Y UNIDADES

- ▶ Por otra parte, los distintos tejidos y órganos del organismo humano manifiestan diferente radiosensibilidad. Cuando varios órganos son irradiados, cada uno contribuye en distinto grado a la probabilidad de que en el organismo se induzcan efectos como cáncer. A fin de tener en cuenta el detrimento total sobre una persona irradiada deben sumarse las dosis equivalentes recibidas por cada órgano ponderadas por un factor  $w_T$ . que representa la radiosensibilidad relativa del mismo. Esa sumatoria ponderada de **dosis equivalentes** en órganos constituye lo que se denomina **Dosis Efectiva (E)** y se expresa en Sievert (Sv).

Factores de ponderación de los tejidos,  $w_T$  debido a su radiosensibilidad relativa

Tejido u organo	$w_T$
Gonadas, Médula ósea (roja), Colon, Pulmón, Estómago	0,20
Mamas, Hígado, Esófago, Tiroide	0,05
Piel, Superficie osea	0,01
Resto	0,05

$$E = \sum H \cdot w_T$$



## ACTIVIDADES LABORALES MAS COMUNES CON FUENTES DE RADIACION IONIZANTE

### 1 - APLICACIONES MEDICAS:

Las actividades laborales que, en el campo médico, implican exposición a Radiaciones Ionizantes son las que cumplen los Médicos, los Físicos Médicos y el personal técnico y de enfermería especializados en las diversas aplicaciones de las radiaciones ionizantes en técnicas de diagnóstico y tratamiento. Asimismo todo empleado que por sus tareas tenga acceso a las zonas controladas o acceso a zonas adyacentes puede también resultar expuesto. Debe considerarse asimismo la exposición ocupacional de las personas que trabajan en la fabricación de equipos y fuentes, su calibración y mantenimiento.

**2 - APLICACIONES INDUSTRIALES** Son múltiples las aplicaciones en el campo industrial de las fuentes de radiación- Las personas ocupacionalmente expuestas a radiaciones son los trabajadores que operan las fuentes, los ayudantes y el personal no directamente involucrado que puede encontrarse en su proximidad. Debe considerarse igualmente el personal que se desempeña en la construcción de equipos y fuentes, su calibración y mantenimiento. Ejemplos: gammagrafia industrial, medición de espesores, medición de nivel, irradiación de alimentos, medicamentos, etc.

### 3- GENERACION DE ENERGÍA

## Radiaciones ionizantes Contaminación interna

- ▶ El empleo de fuentes no selladas posibilita la dispersión del material radiactivo en los elementos y superficies de trabajo, pisos y paredes, lo que puede dar lugar a la contaminación de los mismos y del aire.
- ▶ Las personas que trabajan en tales ambientes, además de estar expuestas a irradiación externa, pueden incorporar material radiactivo por inhalación, ingestión a través de heridas o la piel.



## Radiaciones ionizantes – Protección por Contaminación interna

- ▶ Las dosis por contaminación interna sólo pueden ser reducidas mediante el control de incorporación de material radiactivo en las personas.

El principal factor para reducir la incorporación consiste en:

mantener un bajo nivel de contaminación del lugar de trabajo y, toda vez que sea necesario en la utilización de elementos de protección personal tales como máscaras con filtros y ropa especial.

- ▶ **El control de la contaminación se logra minimizando la dispersión de material radiactivo, manteniendo limpias las superficies y los elementos de trabajo y empleando sistemas de ventilación apropiada en los ambientes donde se manipulan fuentes no selladas.**
- ▶ Un ejemplo de tal situación lo constituyen los centros de medicina nuclear.

## RADIACION IONIZANTE- Resolución SRT 295/03. Límites de exposición (Argentina)

### Exposición laboral

Límites de dosis individual: La dosis de radiación de todas las fuentes importantes no debe exceder el límite de dosis prescrito en la Tabla 1. Límites de dosis recomendados por la ICRP ( **I**nternational **C**ommission on **R**adiological **P**rotection ) para las exposiciones profesionales.

TABLA 1

Pautas para la exposición a la radiación ionizante

Tipo de exposición	Dosis limite
Dosis efectiva	
a) en un solo año	50 mSv (milisievert) *
b) media de 5 años	20 mSv por año
Dosis anual equivalente para:	
a) cristalino	150 mSv
b) piel	500 mSv
c) manos y pies	500 mSv

10 mSv = 1 rem

\*Suma de las exposiciones internas y externas

## RADIACION IONIZANTE- Límites de exposición público- (ambiente externo. contaminación ambiental).

- ▶ Dosis Efectiva: 1 mSv por año
- ▶ Dosis Equivalente en Órganos anual:
  - 15 mSv por año en Cristalino;
  - 50 mSv por año en piel
- ▶ **Pacientes** expuestos a Radiaciones Ionizantes: No aplicable. Las dosis no pueden limitarse porque los beneficios pueden ser muy diversos. Un procedimiento apropiado puede contribuir a preservar la vida del paciente

# PROTECCIÓN CONTRA RADIACIONES IONIZANTES

- ▶ Principios establecidos por la International Commission on Radiological Protection (ICRP):

1-De la justificación: No debe adoptarse ningún uso de la exposición a la radiación ionizante a menos que produzca el beneficio suficiente a los expuestos o a la sociedad para compensar el detrimento que pueda causar.

2-De la optimización de ese trabajo: Todas las exposiciones a la radiación deben permanecer tan bajas como sea posible, teniendo en cuenta factores económicos y sociales.

3-De los límites de dosis individual: La dosis de radiación de todas las fuentes importantes no debe exceder el límite de dosis:

- en un solo año: 50 mSv (milisievert)
- media de 5 años: 20 mSv por año





## RADIACIONES IONIZANTES medidas generales de protección

- ▶ Distancia: aumentando la distancia entre el operador y la fuente de radiaciones ionizantes, la exposición disminuye en la misma proporción en que aumenta el cuadrado de la distancia. En muchos casos bastará con alejarse suficientemente de la fuente de radiación para que las condiciones de trabajo sean aceptables.
- ▶ Tiempo: disminuyendo el tiempo de exposición todo lo posible, se reducirán las dosis. Es importante que las personas que vayan a realizar operaciones con fuentes de radiación estén bien adiestradas, con el fin de invertir el menor tiempo posible en ellas.
- ▶ • Blindaje: en los casos en que los dos factores anteriores no sean suficientes, será necesario interponer un espesor de material absorbente, blindaje, entre el operador y la fuente de radiación. Según sea la energía y tipo de la radiación, será conveniente utilizar distintos materiales y espesores de blindaje.



## RADIACIONES IONIZANTES medidas generales de protección

### ► DISTANCIA:

Fuentes puntuales (fuentes de pequeño tamaño comparado con las distancias a las que pueden estar las personas);

las dosis de radiación dependen inversamente del cuadrado de la distancia a que se encuentran de la fuente.

Una duplicación de distancia significa una reducción de dosis a la cuarta parte.

Un incremento de distancia de 10 veces implica una reducción de dosis de 100 veces.

$$\left(\frac{d1}{d2}\right)^2 = \frac{I2}{I1}$$

## Blindaje

La interposición de material entre las fuentes de radiación y las personas constituye un importante medio para reducir las dosis de radiación. Las características del blindaje dependen de la naturaleza de la radiación y de la intensidad del haz.

- ▶ Representación matemática

$$\text{▶ } \frac{\Delta I}{I_0} = -\mu \Delta X$$

- ▶  $\Delta I$  = reducción de radiación
- ▶  $I_0$  = radiación incidente
- ▶  $\mu$  = constante de proporcionalidad
- ▶  $\Delta X$  = espesor de absorbente atravesado

La ecuación se resuelve por integración:

$$I = I_0 e^{-\mu x}$$

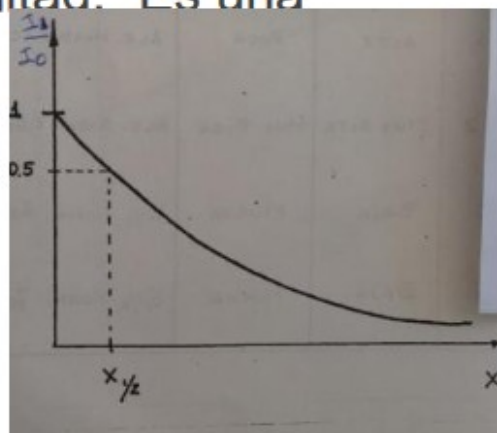
- ▶  $\mu$  depende de la energía de radiación y del medio absorbente.
- ▶ Se determinan por medios experimentales y se tabulan para diferentes materiales absorbentes.

## Blindaje Radiación X y gamma

En este caso la intensidad del haz de radiación se atenúa exponencialmente con el espesor del blindaje. El espesor necesario de blindaje depende del grado de atenuación que se desee conseguir, de la naturaleza del material blindante y de la energía de la radiación electromagnética.

► **Capa hemirreductora:** el espesor de material blindante que reduce la intensidad del haz de radiación a la mitad. Es una característica de cada **tipo de material** y de la **energía de la radiación** empleada.

► Capa **decirreductora** o espesor de material blindante que reduce la intensidad de la Radiación a la **décima parte**.



## Blindajes para radiación electromagnética. Hemiespesores y Deciespesores

Fuente de radiación	PLOMO cm		ACERO cm		HORMIGÓN cm	
	E 1/2	E1/10	E 1/2	E1/10	E 1/2	E1/10
Cobalto 60	1,3	4,3	2	6,7	6,3	20.3
Cesio 137	0,65	2,2	1,6	5,4	4,9	16,3
Iridio 192	0,55	1,9	1,3	4,3	4,3	14
Rayos x de 100 kVp	0,026	0,087	0,31	1,04	1,65	5,42
Rayos x de 200 kVp	0,043	0,142	0.52	1,7	2,59	8,55



## Blindaje Radiación X y gamma

Las características físicas de los tipos de interacción y los valores económicos de los distintos materiales hacen aconsejable utilizar:

- ▶ plomo para instalaciones de rayos x de energías hasta 200 kVmax
- ▶ hormigón para instalaciones de radiación gamma.

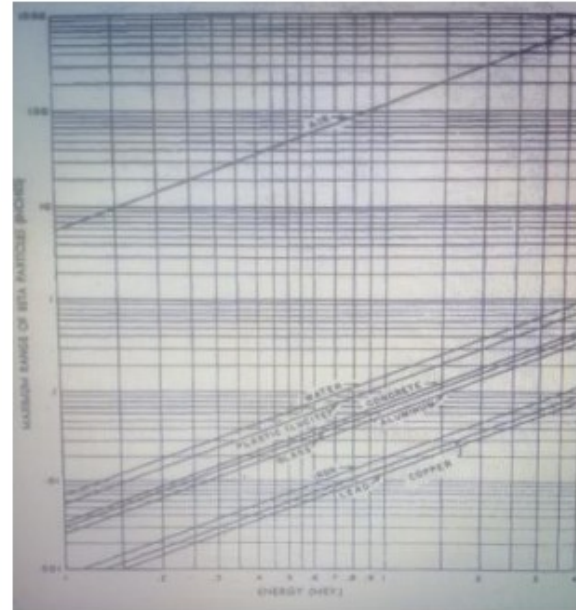
Valores típicos de espesor de blindaje son:

1 a 2 mm de plomo para instalaciones de rayos x de diagnóstico

1 a 2 m de hormigón para radiación gamma como en instalaciones de Radioterapia.

## Blindaje -Radiación Beta

- ▶ Este tipo de radiación puede ser detenido completamente mediante un blindaje apropiado cuyo espesor depende de la energía de las partículas beta y de la densidad del material blindante.



## Monitoreo Personal – DOSIMETRÍAS PERSONALES

- ▶ Consiste en la evaluación de las dosis recibidas por cada trabajador en períodos regulares de tiempo (habitualmente cada mes).

A fin de evaluar las dosis por irradiación externa se asigna a cada trabajador un dosímetro es decir un dispositivo sensible a la radiación que después del período de uso es sometido a un proceso de lectura.

Mediante apropiados registros se lleva el control de las dosis a lo largo del tiempo.

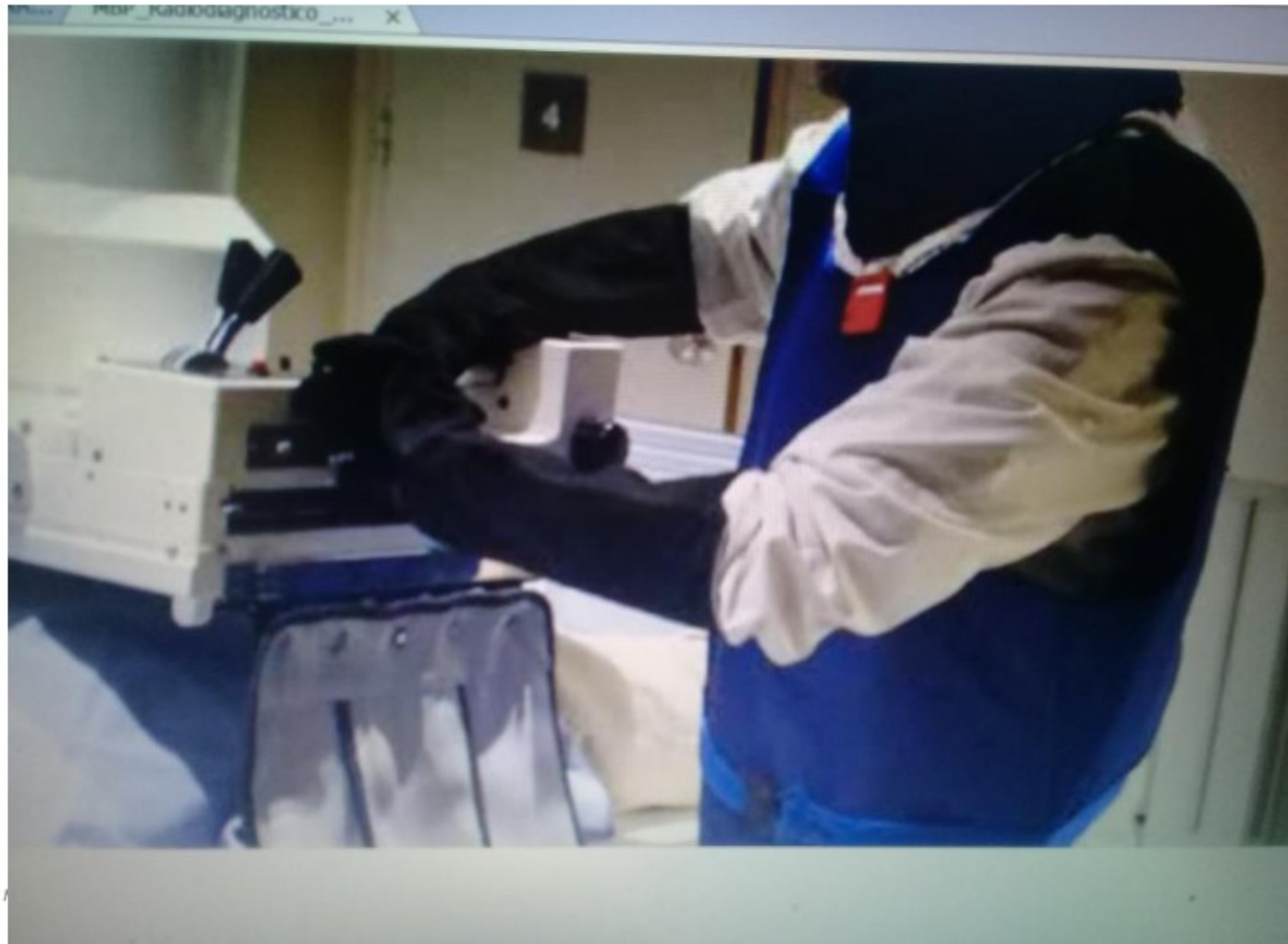
EXAMENES MEDICOS PERIODICOS



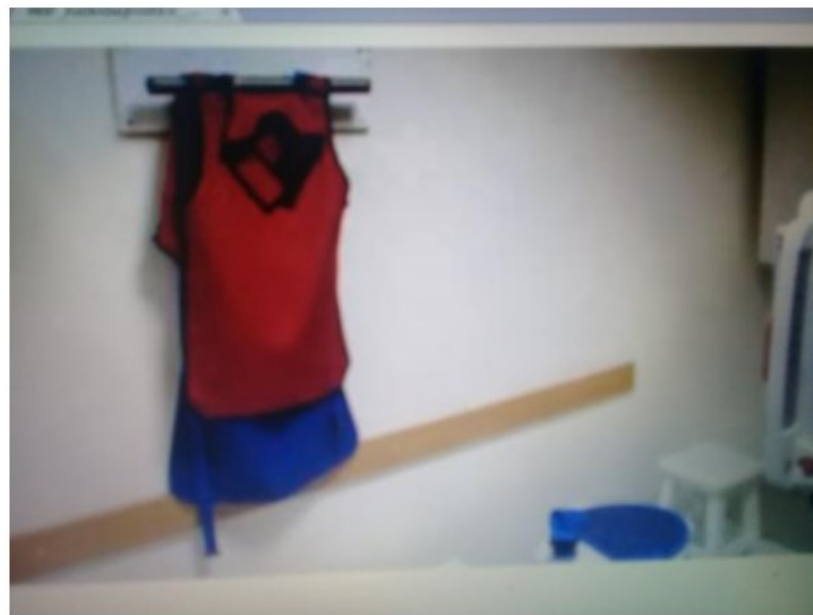


## Monitoreo del ambiente de Trabajo

- ▶ ESTIMACION DE DOSIS EFECTIVAS DE LOS TRABAJADORES - EXPOSICION EXTERNA
- ▶ a) Medir tasa de dosis en las posiciones típicas de trabajo del trabajador con un monitor apropiado cuya indicación sea representativa de la tasa de Dosis Efectiva que recibiría una persona ubicada en la misma posición (mSv / h).
- ▶ b) Obtener información sobre el número de horas de trabajo por año en esas circunstancias (h /año)
- ▶ c) Efectuar el producto de las cantidades anteriores para obtener la Dosis Efectiva por año (mSv/año)



# EPP







## AUTORIDAD COMPETENTE

Las fuentes de Radiaciones Ionizantes están específicamente reguladas por:

- ▶ a) Ley 17.557 de Rayos X y decretos reglamentarios (Autoridades de aplicación: Ministerios de Salud de la Nación, Ciudad de Buenos Aires y Provincias) y Resoluciones de las autoridades de aplicación. Aplicable a todo equipo generador de rayos X.
- ▶ b) Ley No 24.804 de Actividad Nuclear (Autoridad de aplicación en todo el país: Autoridad Regulatoria Nuclear, ARN) y Normas de Protección Radiológica de la ARN. Aplicable a toda fuente radiactiva o nuclear.

# CONTAMINACION AMBIENTAL

# Fuentes-Radiaciones ionizantes

## Radiaciones ionizantes – Radiación natural

Desde su origen el hombre ha estado expuesto a radiaciones ionizantes debido a la presencia natural de sustancias radiactivas en la tierra.

Ejemplos:

- ▶ gas Radón
- ▶ radiación de origen cósmico

# Fuentes naturales-Radioactividad natural

- Dosis equivalente de radiación natural que recibe una persona, anualmente  
3000 mSv



# Fuentes artificiales-Radioactividad

- Accidentes nucleares o radiológicos
- Producción y ensayo de armas nucleares
- Gestión deficientes de desechos radioactivos
- Manufactura industrial en la que intervienen materiales radioactivos
- Minería y tratamiento de minerales y otros procesos de producción

# Fuentes naturales-R I

## **Presencia de radón en los edificios**

Las concentraciones de radón en los edificios dependen de:

- las características geológicas del lugar (por ejemplo, su contenido en uranio y la permeabilidad de las rocas y los suelos donde se asienta el edificio);
  - las vías que el radón pueda encontrar para infiltrarse del suelo a las viviendas; su emanación procedente de los materiales de construcción; y
  - la tasa de intercambio de aire entre el interior y el exterior, que depende del tipo de construcción, los hábitos de ventilación de sus habitantes y la estanqueidad del edificio.
- Presencia de radón en el agua potable

En muchos países, el agua potable se obtiene de fuentes del subsuelo como manantiales, pozos y perforaciones. A menudo, estas fuentes tienen concentraciones más altas de radón que el agua superficial de embalses, ríos o lagos.

# Fuentes naturales-R I

## Radiación cósmica:

- **Primaria:** constituidas por las partículas que llegan a la atmósfera desde el espacio exterior. Generalmente no atraviesan la atmósfera.
- **Secundaria:** radiación que surge como resultado de interacciones de rayos cósmicos primarios con la atmósfera superior y que mayormente llegan a la superficie de la tierra.

# Fuentes naturales-R I

## Radón

Gas radiactivo incoloro, inodoro e insípido. Se produce por desintegración radiactiva natural del uranio presente en suelos y rocas. El agua también puede contener radón.

El radón emana fácilmente del suelo y pasa al aire, donde se desintegra y emite otras partículas radiactivas. Al respirar se inhalan esas partículas, que se depositan en las células que recubren las vías respiratorias, donde pueden dañar el ADN y provocar cáncer de pulmón.

Efecto sinérgico en fumadores



## ¿Qué es el radón y en qué lugares estamos expuestos a este gas?



La mayor parte del radón entra desde el suelo por las grietas y los agujeros de los cimientos y los espacios que rodean las tuberías.



Algunos materiales de construcción de origen natural o elaborados a partir de desechos industriales pueden contener radón.



El radón también puede encontrarse en el agua de los pozos de uso doméstico.



# Fuentes artificiales

## Combustión del carbón

- El carbón contiene vestigios de radionucleidos
- La radioactividad del carbón dependerá del tipo de carbón y de la región de donde se extrae.
- En la combustión del carbón la mayor parte de las sustancias radioactivas se transforman en cenizas. Las más pesadas se acumulan en el fondo de la caldera, y las más livianas se emiten a la atmósfera.
- La emisión de radón es baja.

# Fuentes artificiales

## Extracción de petróleo

- El residuo contaminante de mayor impacto ambiental lo constituye el agua de producción.
- Los isótopos radioactivos son arrastrados hacia la superficie por el agua de producción.
- Puede producirse contaminación de acuíferos y de suelos.

# Fuentes artificiales

Extracción Uranio (minas a cielo abierto- minas subterráneas)

- La extracción a cielo abierto genera grandes cantidades de material con concentraciones de U y productos de decaimiento similares a concentraciones de fondo.
- Una vez extraído el mineral se lo procesa, para obtener un concentrado de U en forma de óxidos.  
En el proceso se generan residuos sólidos y líquidos, llamadas “colas”.
- La mayoría de los productos de decaimiento quedan en las colas.  
Ademas aumenta el grado de movilidad de los elementos químicos.(se deben gestionar adecuadamente las colas en los yacimientos)



- El riesgo de las colas proviene de su contenido residual de radionucleidos y otros componentes, como metales pesados y arsénico.
- Gestión adecuada: confinarlas y separarlas de la biósfera. Se deben utilizar materiales naturales y evitar filtraciones hacia las napas de agua y erosiones por las lluvias

# Remediación -Malargue

- La CNEA procesó mineral de uranio entre 1954 y 1986 en el Ex Complejo Fabril Malargüe (CFM) proveniente de las Minas Huemul y Sierra Pintada de la provincia de Mendoza. Fue la primera planta de estas características en la Argentina y produjo 752 toneladas de uranio, en forma de pasta llamada torta amarilla, materia prima para el combustible usado en los reactores de potencia. Como resultado de esto, se produjeron las denominadas Colas de Mineral, que quedaron en el Sitio una vez que el mineral fue procesado para extraer el uranio. Eran de muy baja actividad radiológica.

La remediación del sitio se realizó mediante el proceso de ingeniería denominado encapsulado el cual contempló la disposición segura y definitiva de las colas de mineral para evitar su dispersión e interacción con el ambiente y las personas.

El encapsulado se construyó con materiales naturales de la zona. Se comenzó compactando el piso natural, el cual es seguido por una capa de grava, una de suelo areno limoso y la colocación de una capa de arcilla compactada. Las colas de mineral se asentaron sobre esa capa, se neutralizaron con cal y se compactaron. Luego se recubrieron con una cubierta multicapa de arcilla y suelo areno limoso para finalmente construir un enrocado que permita aislarlas totalmente del ambiente.

La obra de ingeniería garantizará sequedad, estanqueidad y resistencia estructural a largo plazo, resistiendo a factores externos como nevadas, vientos, lluvias, terremotos, inundaciones o intrusión de raíces arbustivas o animales cavadores.



# Contaminación de agua de enfriamiento-Fuente:Organismo

## Internacional de Energía Atómica (IAEA)<https://www.iaea.org/es>

Desde el accidente ocurrido en marzo de 2011, en la central nuclear de Fukushima Daiichi se necesita agua para enfriar constantemente el combustible fundido y los restos de combustible. Además del agua bombeada para estos fines, en el emplazamiento también penetran aguas subterráneas procedentes del entorno y el agua de lluvia cae dentro de los edificios del reactor y la turbina dañados. Cuando el agua entra en contacto con el combustible fundido, los restos de combustible y otras sustancias radiactivas, se contamina.

El sistema de tratamiento ALPS no elimina el tritio (forma radiactiva natural de hidrógeno



- Autoridad Regulatoria Nuclear-ARN
- organismo del Estado argentino dedicado a la regulación y fiscalización de la actividad nuclear, en las áreas de seguridad radiológica y nuclear, protección y seguridad física, y salvaguardias y no proliferación.