

MAGNITUDES Y UNIDADES RADIOLÓGICAS

David Hernández González
dhernandezg@salud.madrid.org
Servicio de Radiofísica y Protección Radiológica
H.U. La Princesa



ÍNDICE

1. ¿POR QUÉ SON NECESARIAS LAS MAGNITUDES EN PR?
2. EVOLUCIÓN DE LAS MAGNITUDES EN PR
3. MAGNITUDES EN PR
4. MAGNITUDES FUNDAMENTALES
 1. RADIATIVIDAD
 2. RADIOMÉTRICAS
 3. DOSIMÉTRICAS → EXPOSICIÓN Y DOSIS ABSORBIDA
5. MAGNITUDES LIMITADORAS
 1. DOSIS EQUIVALENTE EN ÓRGANO O TEJIDO
 2. DOSIS EFECTIVA

Para este procedimiento:	* La dosis aproximada de radiación efectiva en un adulto es:	Comparable con la radiación natural de fondo durante:	** Riesgo estimado de por vida de cancer fatal debido al examen:
Región Abdominal:			
Tomografía Axial Computarizada (TAC) - Abdomen y Pelvis	10 mSv	3 años	Bajo
Tomografía Axial Computarizada (TAC) - Abdomen y Pelvis, repetido con y sin material de contraste	20 mSv	7 años	Moderado
Tomografía Axial Computarizada (TAC) - Colonografía	10 mSv	3 años	Bajo
Pielograma Intravenoso (PIV)	3 mSv	1 año	Bajo
Radiografía (rayos X) - Tracto Digestivo Inferior	8 mSv	3 años	Bajo
Radiografía (rayos X) - Tracto Digestivo Superior	6 mSv	2 años	Bajo
Huesos:			
Radiografía (rayos X) - Columna	1.5 mSv	6 meses	Muy Bajo
Radiografía (rayos X) - Extremidades	0.001 mSv	3 horas	Insignificante
Sistema Nervioso Central:			
Tomografía Axial Computarizada (TAC) - Cabeza	2 mSv	8 meses	Muy Bajo
Tomografía Axial Computarizada (TAC) - Cabeza, repetido con y sin material de contraste	4 mSv	16 meses	Bajo
Tomografía Axial Computarizada (TAC) - Columna	6 mSv	2 años	Bajo
Tórax:			
Tomografía Axial Computarizada (TAC) - Tórax	7 mSv	2 años	Bajo
Tomografía Axial Computarizada (TAC) - Detección Temprana del Cáncer de Pulmón	1.5 mSv	6 meses	Muy Bajo
Radiografía (rayos X) - Tórax	0.1 mSv	10 días	Minimo
Dental:			
Rayos X intraorales	0.005 mSv	1 día	Insignificante
Corazón:			
Angiografía Coronaria por Tomografía Computada (ATC)	12 mSv	4 años	Bajo
TAC Cardíaco para Cuantificar Calcio	3 mSv	1 año	Bajo
Exámenes en Hombres:			
Densitometría Ósea (DXA)	0.001 mSv	3 horas	Insignificante
Medicina Nuclear:			
Tomografía por emisión de positrones - Tomografía computarizada (PET/TC)	25 mSv	8 años	Moderado
Exámenes en Mujeres:			
Densitometría Ósea (DXA)	0.001 mSv	3 horas	Insignificante
Mamografía	0.4 mSv	7 semanas	Muy Bajo



Nota para pacientes pediátricos: Los pacientes pediátricos varían en tamaño. Las dosis administradas a pacientes pediátricos variarán significativamente de las que se administran a adultos.

Organo/tejido	Efecto	Umbral de dosis absorbida en Gy	
		Exposición de corto plazo	Exposición prolongada
		(dosis única)	(Anualmente - repetida por muchos años)
Testículos	Esterilidad temporaria	0.15	0.4
	Esterilidad permanente	3.5 – 6.0	2
Ovarios	Esterilidad	2.5 – 6.0	> 0.2
Cristalino	Opacidad detectable	0.5 – 2.0	> 0.1
	Deterioro visual (cataratas)	5	> 0.15
Médula ósea	Deterioro de la hemopoyesis	0.5	> 0.4
Piel	Eritema (descamación seca)	2	-
	Descamación húmeda	18	-
	Necrosis de la epidermis y de la piel profunda	25	-
	Atrofia de la piel con complicaciones y telangiectasia	10-12	-
Cuerpo completo	Síndrome de enfermedad aguda de radiación	1.0	-

EVOLUCIÓN DE LAS MAGNITUDES EN PR

- ▶ 1895 Descubrimiento de los RX.
- ▶ 1904 Primeras lesiones.
- ▶ 1915 Primeras recomendaciones PR.
- ▶ 1922 “Medida” → Dosis eritema = grado de enrojecimiento de la piel.



EVOLUCIÓN DE LAS MAGNITUDES EN PR

- ▶ NECESIDAD DE CUANTIFICAR LAS RADIACIONES IONIZANTES Y SUS EFECTOS POTENCIALES

- ▶ 1925. COMISIÓN INTERNACIONAL DE MAGNITUDES RADIOLÓGICAS (ICRU)

- ▶ Unificación de magnitudes y sistemas de medida.



International Commission on
Radiation Units & Measurements

- ▶ 1928. COMISIÓN INTERNACIONAL DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA (ICRP)



- ▶ Bases comunes relativas a normativa, legislación, programas y prácticas.

- ▶ La legislación de los diferentes países va adoptando con el tiempo, las definiciones y las recomendaciones establecidas por estas organizaciones.

EVOLUCIÓN DE LAS MAGNITUDES EN PR

Factor
Calidad

Coefficientes de
conversión

Dosis equivalente
Dosis efectiva

ICRP 103

MAGNITUDES EN PR

Magnitudes Fundamentales

- Radiactividad
- Coeficientes de interacción
- Radiométricas
- Dosimétricas
 - Exposición X
 - Kerma en un medio K_m
 - Cema en un medio C_m
 - Dosis absorbida en medio D_m

Magnitudes de Protección o Limitadoras

- Dosis equivalente en un órgano o tejido H_T
- Dosis efectiva

Magnitudes Operacionales

- Dosis equivalente ambiental $H^*(d)$
- Dosis equivalente direccional $H^*(d)$
- Dosis personal $H_p(d)$

Dosimetría Pacientes

- Kerma en la superficie de la entrada
- Dosis a la entrada
- Producto dosis - área
- Dosis promedio órgano

MAGNITUDES EN PR

► Magnitudes fundamentales

- ✓ Caracterizan de forma exacta el haz de radiación.
- ✓ Cuantifican el efecto físico del haz.
- x No el efecto biológico.



► Magnitudes de protección o limitadoras

- ✓ Miden el efecto biológico de la irradiación.
- ✓ Adecuadas para expresar los límites de dosis.
- x No son fácilmente medibles.



► Magnitudes dosimétricas operacionales

- ✓ Son fácilmente medibles.
- ✓ Permiten estimar los valores de las magnitudes de protección.

MAGNITUDES FUNDAMENTALES



MAGNITUDES FUNDAMENTALES

➤ Radiactividad

Transformaciones espontáneas con cambios en los núcleos atómicos liberando energía.

❖ Constante de desintegración

$$\lambda = \frac{\ln 2}{T_{1/2}} \quad [\text{s}^{-1}]$$

❖ Actividad

Cantidad de radionucleido que experimenta desintegraciones por unidad de tiempo.

$$A = \lambda * N$$

[Bq = 1 desint/seg]

[Ci = 37 GBq]

MAGNITUDES FUNDAMENTALES

➤ Radiométricas

Magnitudes que caracterizan un campo de radiación respecto a la cantidad de partículas, distribución espacial y distribución energética.

- ❖ Número de partículas N
- ❖ Energía E
- ❖ Flujo \dot{N} ; \dot{E}
- ❖ Fluencia ϕ ; Ψ

MAGNITUDES FUNDAMENTALES

➤ Dosimétricas

Magnitudes que proporcionan una medida física en un punto o en una zona de interés que se correlaciona con los efectos reales o potenciales de las radiaciones ionizantes.



“FUENTES”
TRANSPORTE O
CONVERSIÓN DE ENERGÍA

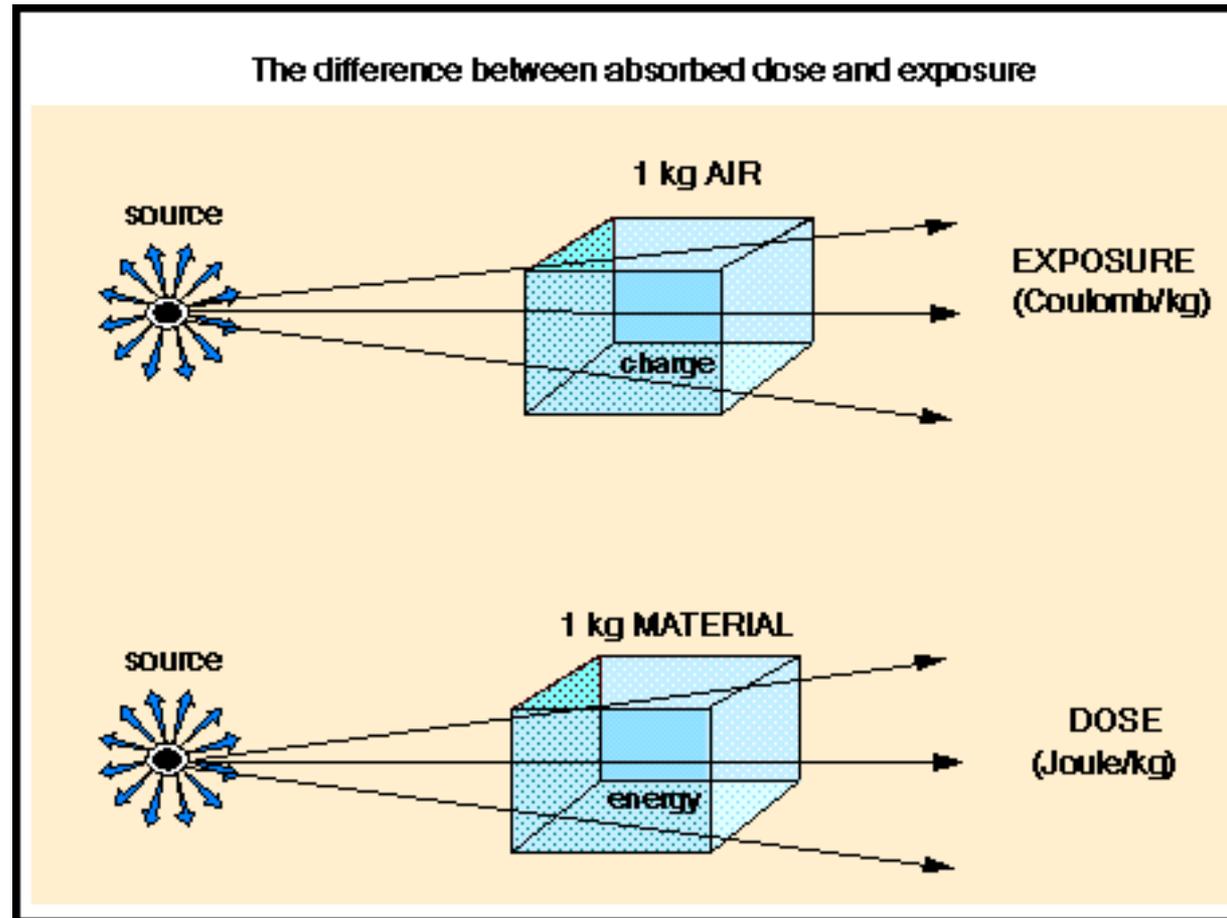
- ❖ Exposición
- ❖ Kerma
- ❖ Cema

“SUMIDEROS”
DEPÓSITO DE ENERGÍA

- ❖ Energía impartida
- ❖ Dosis absorbida



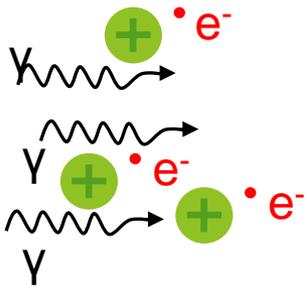
MAGNITUDES FUNDAMENTALES



MAGNITUDES FUNDAMENTALES

❖ Exposición

La carga total, por unidad de masa, de todos los iones producidos en aire por un haz de fotones.



- ✓ La carga se mide cuando todos los electrones secundarios han sido frenados en el aire.
- ✓ Solo esta definida para un campo de fotones y para un medio específico, el aire.
- ✓ Medida del poder ionizante, en aire, de un campo de fotones.

$$X = \frac{dQ}{dm}$$

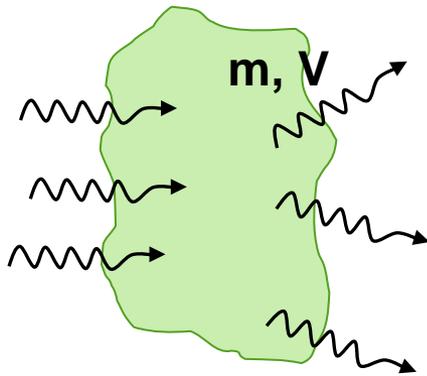
[C/kg]

[R] (1R = $2,58 \cdot 10^{-4}$ C/kg)

MAGNITUDES FUNDAMENTALES

❖ Dosis Absorbida

Energía media impartida por la radiación por unidad de masa.



- ✓ Magnitud aplicable a todo tipo de radiación.
- ✓ Se debe especificar en que material se está midiendo.

$$D = \frac{d\bar{\epsilon}}{dm}$$

[Gy = J/kg]
[rad] (1 Gy = 100 rad)

MAGNITUDES FUNDAMENTALES

► *Relación entre Exposición y Dosis Absorbida*

$$D = f * X$$

f = coeficiente de conversión, dependiente del medio.

f(aire) = 0.869

MAGNITUDES LIMITADORAS

- ▶ Son las magnitudes que nos van a permitir expresar los límites de dosis.

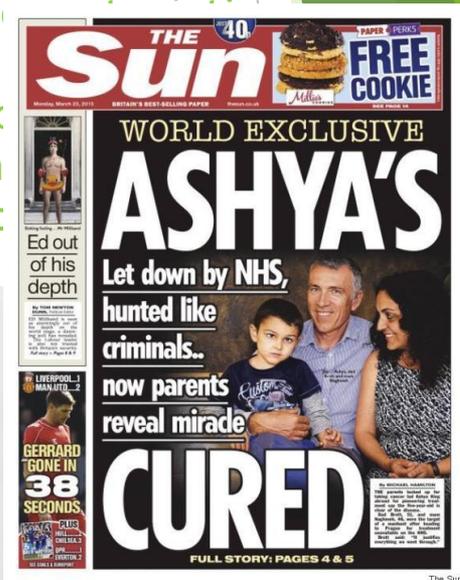


- ❖ Dosis equivalente en un órgano (H_T)
- ❖ Dosis efectiva (E)

MAGNITUDES LIMITADORAS

❖ Dosis equivalente en un órgano H_T

TIPO Y RANGO DE ENERGÍA	w_R
Fotones, E	1
Electrones, muones	1
Protones y piones cargados	2
Neutrones	Curva continua función energía
Partículas α , núcleos pesados, E	20



La dosis equivalente en un órgano o tejido $H_{T,R}$ se define como:

$$H_{T,R} = w_R D_{T,R}$$

$[Sv = J/Kg]$
 $[rem] \quad (1 Sv = 100 rem)$

MAGNITUDES LIMITADORAS

❖ Dosis Efectiva E

Órgano/Tejido	w_T	Contribución total
Pulmones, estómago, médula ósea, mamas Resto	0.12	0.72
Gónadas	0.08	0.08
Tiroides, esófago, vejiga, hígado	0.04	0.16
Superficie ósea, piel, cerebro, glándulas salivares	0.01	0.04

La probabilidad de aparición de efectos estocásticos depende no solo del tipo de radiación sino también *del órgano* considerado.

No todos los órganos y tejidos son igual de radiosensibles, se introducen los factores ponderales de tejido (w_T).

La dosis efectiva se define como:

$$E = \sum_T w_T H_T = \sum_{T,R} w_T w_R D_{T,R}$$

[Sv = J/Kg]
[rem] (1 Sv = 100 rem)

MAGNITUDES

Magnitud	Unidades
Actividad	MBq ó mCi
Dosis Absorbida	mGy
Dosis Efectiva	mSv
Producto Dosis*Área	mGy*cm ²

Dosis recibidas por los trabajadores en cada uno de los sectores considerando el informe anual del CSN 2014

Trabajadores expuestos 2014		Número 105.893 ↔	Dosis Colectiva (mSv.persona)	Dosis Individual media (mSv/año)
Centrales nucleares		9.053	2.750	0,97 ↙
Ciclo, residuos y Ciemat		1.141	92	0,57 ↔
Instalaciones radiactivas	Médicas	82.218	10.856	0,63 ↔
	Industriales	7.110	1.453	0,89 ↙
	Investigación	5.881	332	0,30 ↙
Instalaciones desmantelamiento y clausura		335	591	3,72 ↗
Transporte		155	175	2,14 ↔

MUCHAS
GRACIAS
POR
VUESTRA
ATENCIÓN

