

Curso de capacitación continuada en materia de radioprotección para Responsables de Protección Radiológica.

P-04 Magnitudes y unidades fundamentales usadas en la Protección Radiológica.

Objetivo

- **Que los participantes conozcan las principales magnitudes y unidades usadas en la protección radiológica.**

Contenido

- **Actividad.**
- **Dosis absorbida.**
- **Exposición.**
- **Dosis equivalente.**
- **Dosis efectiva.**
- **Magnitudes operacionales.**
- **Unidades de medición.**

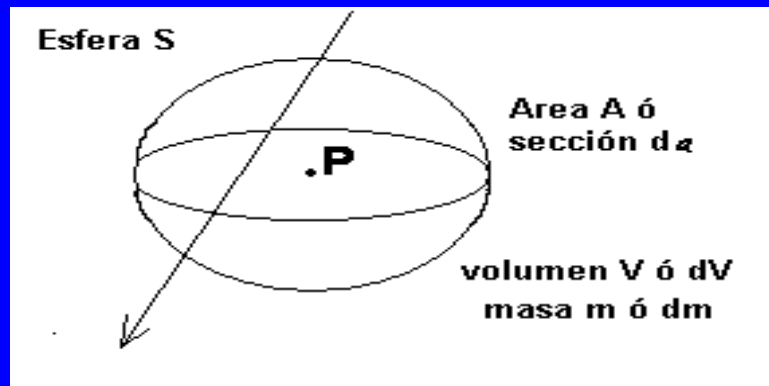
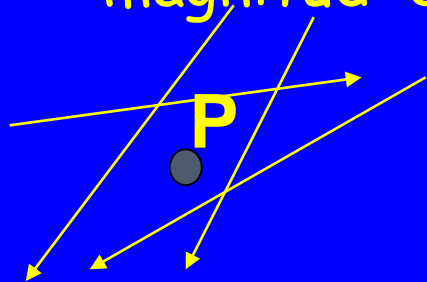
MAGNITUDES Y UNIDADES

Magnitud Física:


Aquella que caracteriza un proceso físico en conceptos adecuados para su expresión numérica.

Unidad:

Es una parte de referencia de una magnitud, una muestra particular de una cantidad de una magnitud que se designa para medirla.

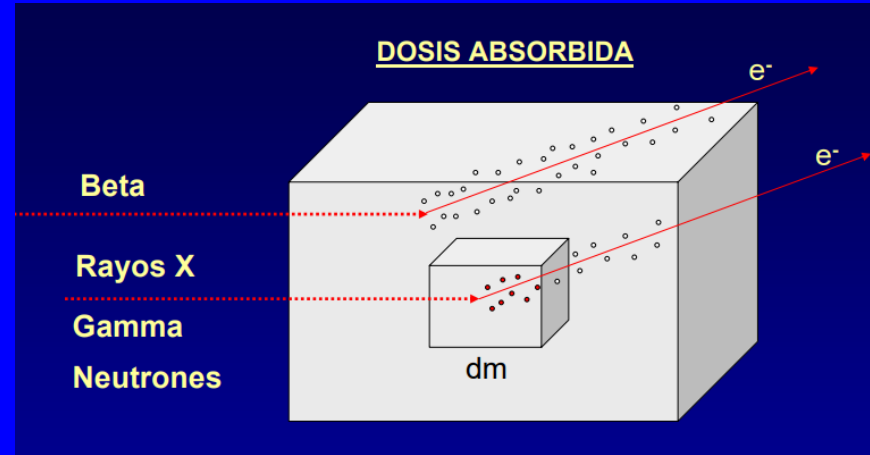


MAGNITUDES DE LA FUENTE

MAGNITUD	REPRESENTACION	UNIDAD
Actividad	 $A = dN/dt$	Bq (s ⁻¹)
Período de semidesintegración radiactiva	$T_{1/2}$	Unidad de tiempo SI

¿Que es la dosis absorbida?

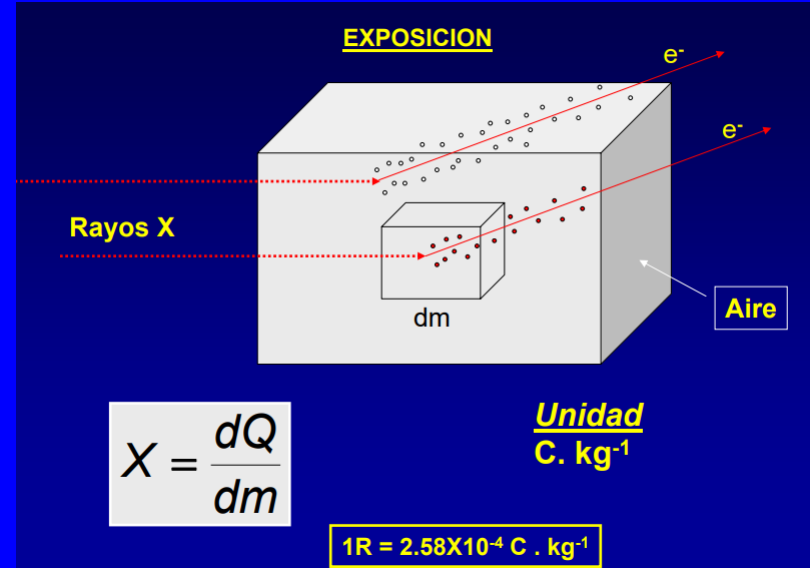
Es la energía transmitida por cierto tipo de la radiación ionizante por unidad de masa de material irradiado. La unidad para la dosis absorbida es el rad (unidad estadounidense) o el gray (Gy, unidad internacional). Un gray equivale a 100 rads.



$D = dE/dm$, se expresa en unidades de J/kg (Gy).

¿Que es la exposición?

La exposición es la cantidad de radiación (energía) que se desplaza por el aire (especialmente definida para Rx). Se define como la variación de carga inducida por la radiación en la unidad de masa. Las unidades para la exposición son el roentgen (R) y el culombio/kilogramo (C/kg, unidad internacional). Muchos tipos de monitores de la radiación miden la exposición.



¿Que es la dosis equivalente?

Es la magnitud que toma en cuenta la probabilidad de efectos estocásticos sobre la salud, debido al tipo radiaciones ionizantes. Depende no solo de la dosis absorbida sino también del tipo y energía de la radiación considerada.

$$H_T = \sum_R W_R D_{T,R}$$

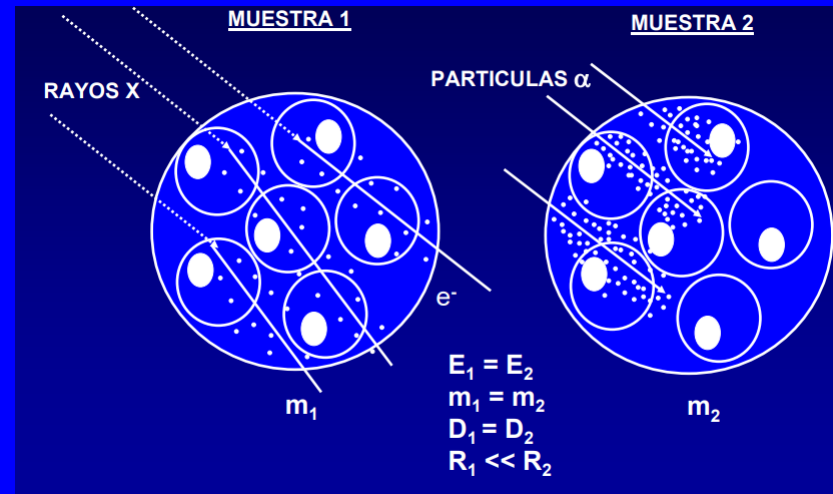
Unidad: $J \cdot kg^{-1}$ (Sv)

W_R ...Factor de ponderación para la radiación R.

$D_{T,R}$...Dosis absorbida promedio en el órgano T, debida a la radiación R

RADIACION Y RANGO ENERGETICO

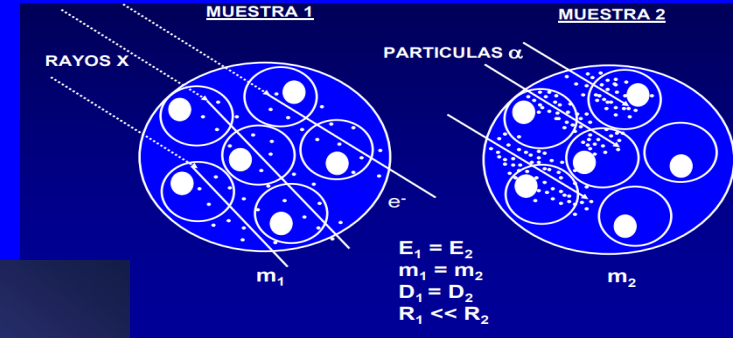
	W_R
Fotones de todas las energías	1
Electrones y muones de todas las energías	1
Neutrones de energías:	
< 10 keV	5
de 10 a 100 keV	10
de 100 keV a 20 MeV	20
de 2 MeV a 20 MeV	10
> 20 MeV	5
Protones (no de retroceso) de energía > 2 MeV	5
Partículas alfa, fragmentos de fisión, núcleos pesados	20



En resumen, la dosis equivalente es una cantidad que toma en cuenta que no todas las radiaciones son iguales y por ello interactúan de forma diferente con los organismos vivos.

¿Que es la dosis equivalente?

En la ICRP 103 se proponen cambios en cuanto a los factores de ponderación de los diferentes tipos de radiaciones.



RADIACION Y RANGO ENERGETICO

Fotones de todas las energías

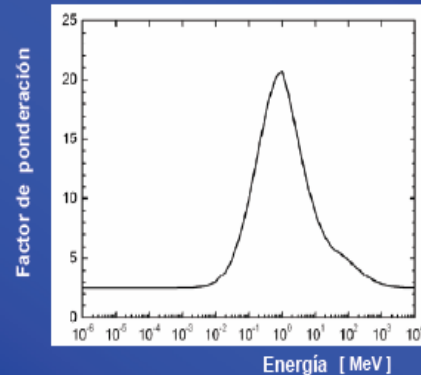
W_R

1

Electrones y muones de todas las energías

1

Neutrones



ICRP 103

Protones y piones cargados

2

Partículas alfa, fragmentos de fisión, núcleos pesados

20

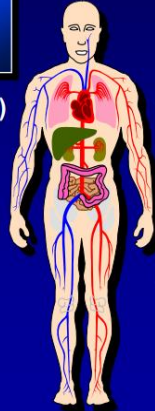
¿Que es la dosis efectiva?

Es la magnitud que toma en cuenta, que la probabilidad de aparición de efectos estocásticos depende también del órgano considerado. Es decir, no todos los órganos y tejidos del cuerpo humano son igualmente radiosensibles.

La dosis efectiva se define como la sumatoria de la dosis equivalente promedio de un tejido, multiplicado por el detrimento relativo relacionado con efectos estocásticos para ese tejido en cuestión.

Toma en cuenta la combinación de diferentes valores de dosis en diferentes órganos, como consecuencia de una irradiación del cuerpo entero.

Nota: la sumatoria de todos los factores de peso del detrimento $W_T = 1$



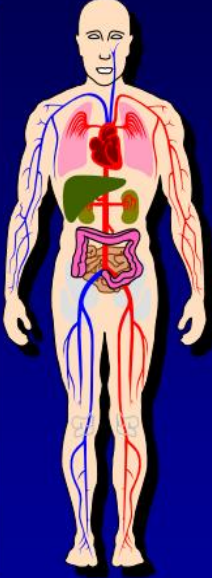
$$E = \sum_T W_T H_T$$

Unidad: $J \cdot kg^{-1}$ (Sv)

H_T ...Dosis equivalente en el tejido T
 W_T ...Detrimento relativo relacionado con los efectos biológicos estocásticos en el tejido T

¿Que es la dosis efectiva?

Algunos órganos y tejidos son mas radiosensibles que otros y por ello los valores de W_T puede ser muy diferente.

<u>FACTORES DE PONDERACION EN TEJIDOS (ICRP 103)</u>				
<u>TEJIDO</u>	<u>W_T</u>		<u>TEJIDO</u>	<u>W_T</u>
Médula ósea roja	0.12		Vejiga	0.04
Colon	0.12		Hígado	0.04
Pulmones	0.12		Esófago	0.04
Estómago	0.12		Tiroides	0.04
Mamas	0.12		Piel	0.01
Resto ²	0.12		Superficie ósea	0.01
Gónadas	0.08		Cerebro	0.01
			Glándulas salivares	0.01

¿Que es la dosis efectiva?

Ejemplos de cálculo de la dosis efectiva para las condiciones de irradiación:

1. Irradiación no uniforme de todo el cuerpo.

Ejemplos:

Irradiación no uniforme del cuerpo

H (tiroides) = 15 mSv, H (estómago) = H (esófago) = 1 mSv

$E = 0.04 \times 15 \text{ mSv} + 0.12 \times 1 \text{ mSv} + 0.04 \times 1 \text{ mSv} = 0.76 \text{ mSv}.$

Riesgo de aparición de efectos estocásticos.

Atendiendo a los resultados de los estudios epidemiológicos se establecen valores de “Coeficientes nominales de riesgo” para efectos estocásticos (cáncer y efectos hereditarios). En la siguiente tabla se establecen esos valores:

Coeficientes nominales de riesgo para cáncer fatal y efectos hereditarios (10^{-2} Sv^{-1})			
Personas expuestas	Cáncer	Efectos hereditarios	Riesgo total aproximado
Todas las edades	5,5	0,2	6,0
Adultos	4,1	0,1	4,0

Ejemplos de uso de estos valores:

Para una dosis de $20 \text{ mSv} = 0.02 \text{ Sv}$

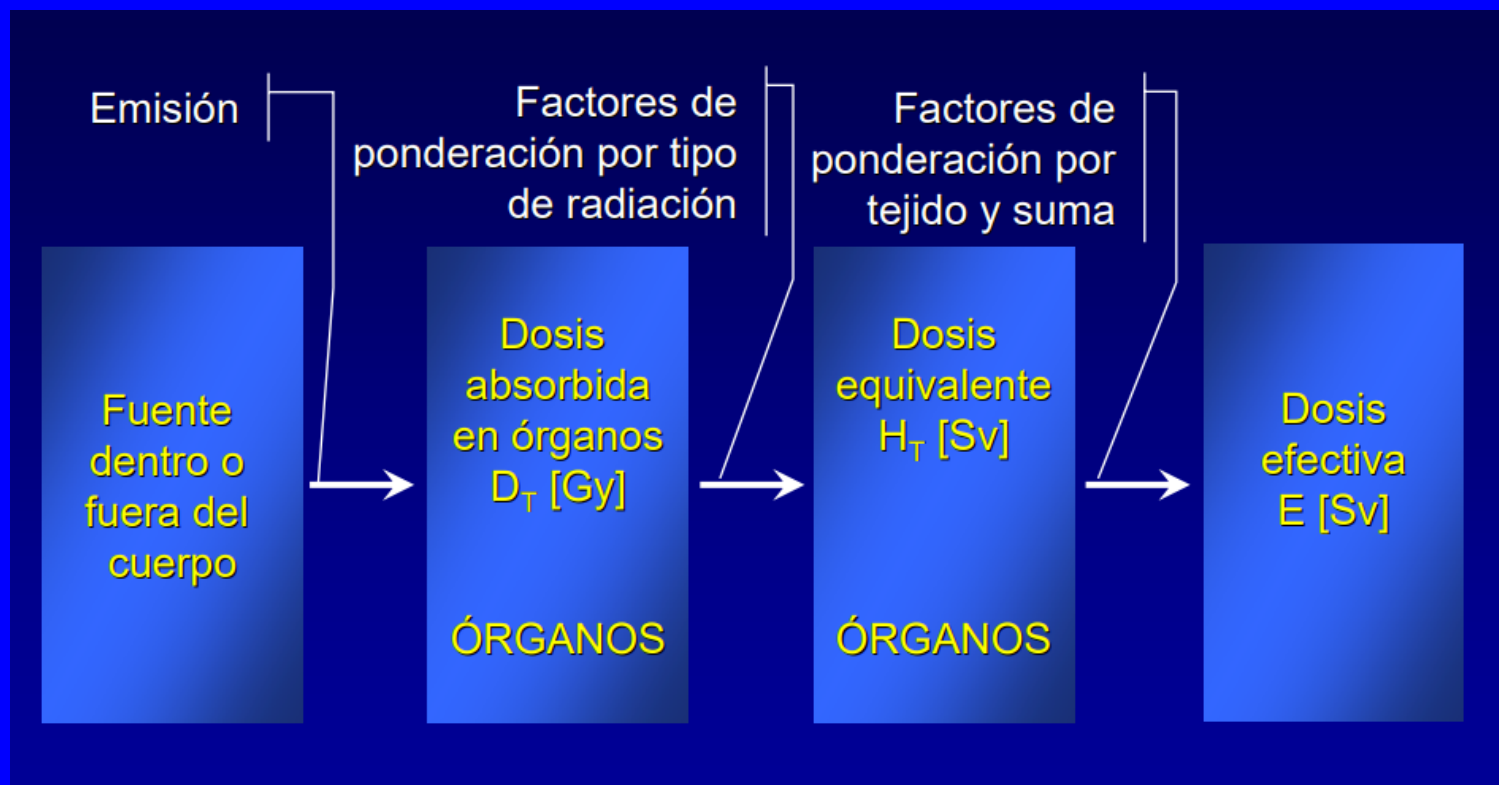
1. Riesgo de Cáncer para adultos.

$R = 0,02 \text{ Sv} \times 0,041 \text{ Sv}^{-1} = 0.00081$ (es decir 8 casos de cáncer cada 10000 personas que se exponen a ese nivel de dosis).

2. Riesgo de Efectos hereditarios.

$R = 0,02 \text{ Sv} \times 0,001 \text{ Sv}^{-1} = 0.00002$ (es decir 2 casos de efectos hereditarios cada 100000 personas que se exponen a ese nivel de dosis).

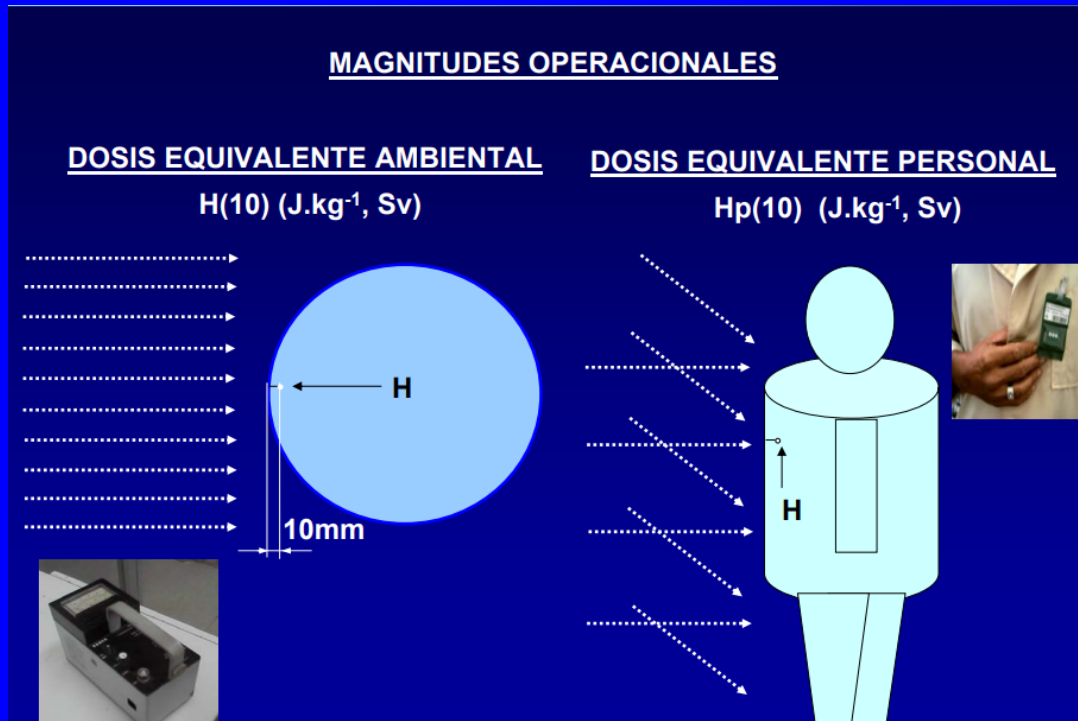
Relación entre las diferentes magnitudes



¿Magnitudes operacionales?

Las magnitudes de la protección radiológica no pueden ser medidas tal y como se han definido. Por este motivo se recurre a las magnitudes operacionales.

- 1) Dosis equivalente ambiental.
- 2) Dosis equivalente personal.

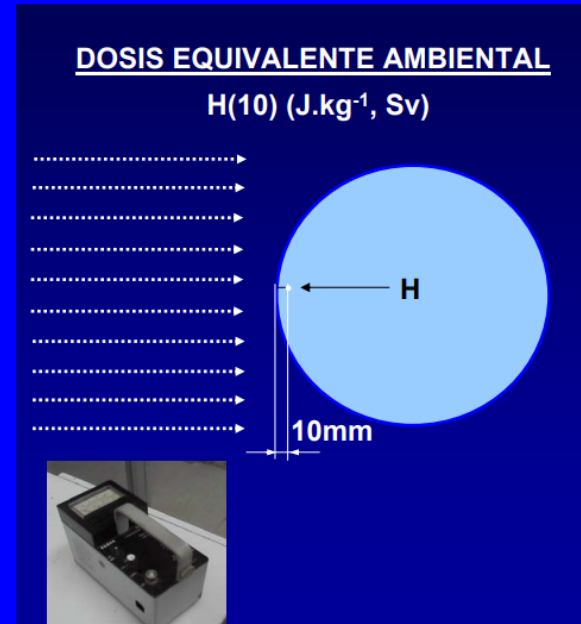


Magnitud operacional. Dosis equivalente ambiental.

¿Qué es la dosis equivalente ambiental, $H(d)$, ?

Es el equivalente de dosis que se produciría por el correspondiente campo alineado en el esfera ICRU (30 cm de diámetro) a una profundidad “d” sobre el radio opuesto a la dirección del campo alineado.

Lo mas usado es la profundidad $d = 10$ mm y en ese caso la dosis equivalente ambiental se denota como $H(10)$. Las unidades son el (Sv).



Esfera ICRU: es una esfera de material equivalente a tejido de 30 cm de diámetro

Magnitud operacional. Dosis equivalente personal.

¿Que es la dosis equivalente personal?

La dosis equivalente personal, $H_p(d)$, es el equivalente de dosis en tejido blando, por debajo de un punto especificado del cuerpo y a una profundidad apropiada, d .

En este caso:

- para radiación fuertemente penetrante, se recomienda una profundidad de 10 mm,
- para la débilmente penetrante se emplean: 0,07 mm para la piel y
- 3 mm para el cristalino.

Así tenemos:

$H_p(10)$ para dosis equivalente personal a cuerpo entero.

$H_p(007)$ para dosis equivalente personal en extremidades.

$H_p(3)$ para dosis equivalente personal en cristalino.

Las unidades son el (Sv).



Magnitud operacional. Límite anual de Incorporación (ALI).

¿Que es el Límite Anual de Incorporación (ALI)?

El ALI es la (actividad) incorporación por inhalación, por ingestión o por la piel, que tendría como consecuencia una dosis comprometida igual al limite de dosis anual, correspondiente para un hombre de referencia, debida a un radionúclido determinado.

Es una magnitud muy importante cuando se trabaja con fuentes no selladas donde existe la posibilidad que ocurra la incorporación de radioisótopos.



Relación de unidades usadas

$$1\text{R} = 2.58 \times 10^{-4} \text{ C.kg}^{-1}$$

$$1\text{R} = 0.877 \times 10^{-2} \text{ J.kg}^{-1} \text{ (Gy) Dosis absorbida en aire}$$

$$1\text{R} = 0.01 \text{ Sv Dosis Equivalente}$$

Conversión de unidades

$$1 \text{ nR.h}^{-1} = 10 \text{ pSv.h}^{-1}$$

$$1 \mu\text{R.h}^{-1} = 10 \text{ nSv.h}^{-1}$$

$$1 \text{ mR.h}^{-1} = 10 \mu \text{ Sv.h}^{-1}$$

$$1 \text{ R.h}^{-1} = 10 \text{ mSv.h}^{-1}$$

Prefijos

$$1 \text{ p} = 10^{-12}$$

$$1 \text{ n} = 10^{-9}$$

$$1 \mu = 10^{-6}$$

$$1 \text{ m} = 10^{-3}$$

$$1 \text{ k} = 10^3$$

$$1 \text{ M} = 10^6$$

$$1 \text{ G} = 10^9$$

$$1 \text{ T} = 10^{12}$$

Conclusiones:

1. Las unidades usadas en protección radiológica toman en cuenta la energía depositada, las características de las radiaciones incidentes y la radiosensibilidad de la zona del cuerpo irradiada.
2. Las magnitudes definidas en protección radiológica no pueden medirse directamente y por ello se usan las magnitudes operacionales.
3. Existen tres magnitudes operacionales fundamentales que se usan en la Protección Radiológica que son la dosis equivalente ambiental, la dosis equivalente personal y el Límite Anual de Incorporación.

