



SUBSECRETARÍA  
DIRECCIÓN GENERAL DE  
PROTECCIÓN CIVIL Y  
EMERGENCIAS



## MÓDULO 4: PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

### 4.1 EFECTOS DE LA RADIACIÓN SOBRE LA SALUD



SUBSECRETARÍA  
DIRECCIÓN GENERAL DE  
PROTECCIÓN CIVIL Y  
EMERGENCIAS



#### GENERALIDADES (1)

- Los efectos de la radiación sobre las células difiere en función del tipo de moléculas que se vean afectadas.
  - Moléculas de: Hidratos de carbono, Lípidos, Proteínas, etc.
  - Moléculas de ADN.
- Si se ven afectadas las primeras, se pueden producir efectos transitorios y de menor gravedad, ya que estas moléculas se pueden sintetizar de nuevo



SUBSECRETARÍA  
DIRECCIÓN GENERAL DE  
PROTECCIÓN CIVIL Y  
EMERGENCIAS



## GENERALIDADES (2)

- Cuando las radiaciones ionizantes actúan sobre las moléculas de ADN pueden ocurrir dos cosas:
  - Daños leves - Se pueden reparar sin consecuencias.
  - Daños mas graves - Se pueden producir mutaciones.
- Para que las mutaciones tengan consecuencias sobre la salud, tiene que producirse la división celular.
  - Si las células afectadas son somáticas, tras sucesivas divisiones se puede producir tumor (cancerígeno o benigno).
  - Si las células afectadas son germinales (óvulos o espermatozoides) y estas tienen origen a un feto, el niño resultante y su descendencia pueden ser portadores de enfermedad genética.



SUBSECRETARÍA  
DIRECCIÓN GENERAL DE  
PROTECCIÓN CIVIL Y  
EMERGENCIAS



## GENERALIDADES (2)

- Si la dosis de radiación recibida por el tejido es baja, la probabilidad de que aparezcan efectos sobre la salud también es baja.
- Si el genoma celular se ve afectado, se puede producir la muerte celular. La muerte de un número pequeño de células no afecta al organismo. Sólo cuando se produce una muerte masiva de células, provocada por una alta dosis de radiación, se producen efectos en la salud.



SUBSECRETARÍA  
DIRECCIÓN GENERAL DE  
PROTECCIÓN CIVIL Y  
EMERGENCIAS



## EFFECTOS ESTOCÁSTICOS O PROBABILÍSTICOS (1)

- No presentan una dosis umbral por debajo de la cual la radiación no tiene consecuencias.
- La probabilidad de que se produzcan estos efectos aumentan al aumentar la dosis recibida.
- Se estima que el tiempo en el que se ha recibido la dosis influye en la probabilidad de producirse un efecto estocástico en un factor de 2.
- Si se producen, siempre son graves.



SUBSECRETARÍA  
DIRECCIÓN GENERAL DE  
PROTECCIÓN CIVIL Y  
EMERGENCIAS



## EFFECTOS ESTOCÁSTICOS O PROBABILÍSTICOS (2)

- Dos tipos de efectos estocásticos:
  - Si las células afectadas son somáticas: Tumor cancerígeno o benigno.
  - Si las células afectadas son germinales: Efecto hereditario.
- Aparecen tras unos años de latencia (“Efectos tardíos”).
  - El periodo de latencia mas corto: Leucemia (2 años).
  - Pueden ocurrir tras pasar varias generaciones.



SUBSECRETARÍA  
DIRECCIÓN GENERAL DE  
PROTECCIÓN CIVIL Y  
EMERGENCIAS



## EFFECTOS NO ESTOCÁSTICOS O DETERMINISTAS (1)

- En los efectos deterministas existe una dosis umbral por debajo de la cual no se produce dicho efecto, pero si se supera el efecto es seguro.
  - Las dosis umbrales son, por lo general, bastante altas.
- Los efectos estocásticos provocan la muerte de la célula.
- La gravedad del efecto se incrementa al aumentar la dosis recibida.



SUBSECRETARÍA  
DIRECCIÓN GENERAL DE  
PROTECCIÓN CIVIL Y  
EMERGENCIAS



## EFFECTOS NO ESTOCÁSTICOS O DETERMINISTAS (2)

- El tiempo en el que se ha recibido la dosis influye de forma importante. Se pueden tolerar dosis muy altas si han sido recibidas en un largo periodo de tiempo, pues la división celular compensa el daño.
- Ejemplos:
  - Vómitos
  - Quemaduras
  - Cataratas
  - Efectos sobre el desarrollo del útero
- Aparecen generalmente tras un corto periodo de tiempo (“Efectos tempranos”). Excepción: Cataratas



SUBSECRETARÍA  
DIRECCIÓN GENERAL DE  
PROTECCIÓN CIVIL Y  
EMERGENCIAS



## CANCER (efecto estocástico) (1)

- Es el efectos sobre la salud causado por radiaciones más importante.
- Se ha observado en varios grupos de población expuestos, que la incidencia del cáncer ha aumentado en comparación con los grupos de control. Ej.: Personas expuestas a las bombas atómicas de Japón en 1945 y al accidente de Chernobyl.
  - Leucemia:
    - A los dos años de la exposición aumentó el nº de casos.
    - Después, comenzó a bajar el nº de casos
    - Antes de los diez años se produjo el incremento máximo
  - Tumores:
    - A los cinco años de la exposición comenzó a aumentar el nº de casos continuamente
- Cuando la población expuesta es de mayor edad, en la que la aparición de cáncer natural se acentúa, el número de casos aumentaba.



SUBSECRETARÍA  
DIRECCIÓN GENERAL DE  
PROTECCIÓN CIVIL Y  
EMERGENCIAS



## CANCER (efecto estocástico) (2)

- La dosis colectiva es el producto de la dosis efectiva media recibida por un grupo de personas y el número de personas que lo componen. Unidades (Sv x Hombre)
- El índice de mortalidad por cáncer para una población varía en función del tiempo en el que se haya recibido la dosis.
  - En el grupo de personas afectadas por las bombas atómicas, que recibieron una alta dosis casi de forma instantánea (expuestos a alta tasa de dosis), el índice de mortalidad por cáncer está en torno al 10% de la dosis colectiva.
  - En un grupo de personas que está expuesto a una radiación crónica, el índice de mortalidad por cáncer está en un 5% de la dosis colectiva



MINISTERIO  
DEL  
INTERIOR

SUBSECRETARÍA  
DIRECCIÓN GENERAL DE  
PROTECCIÓN CIVIL Y  
EMERGENCIAS



## CANCER (efecto estocástico) (3)

- En los países industrializados, las tasas de mortandad por cáncer son elevadas, por lo que los casos extras de cáncer causados por exposición a radiación son difíciles de estimar.
- Tras un accidente nuclear, en las zonas más alejadas es difícil que la dosis supere los umbrales de los efectos deterministas, con la excepción de la glándula tiroidea por la inhalación o ingesta de yodo radiactivo. Ej.: accidente de Chernobyl.
- El riesgo de cáncer tiroideo después de un accidente nuclear es real y altamente significativo en niños, pero en el caso de los adultos no se tienen evidencias claras.



MINISTERIO  
DEL  
INTERIOR

SUBSECRETARÍA  
DIRECCIÓN GENERAL DE  
PROTECCIÓN CIVIL Y  
EMERGENCIAS



## CANCER (efecto estocástico) (4)

- Como la frecuencia de aparición de cáncer de tiroides en niños es muy baja, si se puede afirmar que la mayoría de los casos producidos se deben a la exposición a las radiación.
- Si una persona es trabajador expuesto a la radiación o ha sufrido una exposición accidental y transcurrido un tiempo desarrolla un cáncer, estará convencida de que se debe a dicha exposición, aunque probablemente no haya sido así.



MINISTERIO  
DEL  
INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE  
PROTECCIÓN CIVIL Y  
EMERGENCIAS



## EFFECTOS HEREDITARIOS ( efectos estocásticos)

- La radiación puede causar cambios hereditarios en los gametos, pudiendo ser transmitidos a las generaciones futuras y aparecer como enfermedades hereditarias a la descendencia.
- Las mutaciones que surgen debido a exposiciones a radiaciones ionizantes no son exclusivas, es decir, pueden producirse mutaciones espontáneas sin haber estado expuesto el organismo. No aparecen características que puedan ser identificadas como resultado de la mutación debida a exposición
- La ICRP ha estimado que el riesgo de enfermedad genética en la descendencia de una población expuesta puede ser 1.3% de dosis colectiva.



MINISTERIO  
DEL  
INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE  
PROTECCIÓN CIVIL Y  
EMERGENCIAS



## SÍNDROME DE IRRADIACIÓN ( efecto determinista) (1)

- Respuesta de un organismo adulto a una exposición aguda, de radiación penetrante que provenga de una fuente externa y que afecte a todo el organismo.
- Se produce después de recibir una dosis de radiación penetrante a cuerpo entero de más de un sievert.
- Las primeras señales de la exposición aparecen después de un tiempo de latencia de una o dos horas.
- Los síntomas prodrómicos aparecen en el plazo de unos pocos días.
- El síndrome se desarrolla completamente a las dos semanas.



SUBSECRETARÍA  
DIRECCIÓN GENERAL DE  
PROTECCIÓN CIVIL Y  
EMERGENCIAS



## SÍNDROME DE IRRADIACIÓN ( efecto determinista) (2)

- En el organismo adulto, tras la irradiación aguda se pueden distinguir tres etapas:
  - Prodrómica
    - Los síntomas prodrómicos aparecen en el plazo de unos pocos días.
    - Esta etapa puede durar desde minutos a días.
  - Latente
    - Caracterizada por la ausencia de síntomas.
  - Enfermedad manifiesta
    - Dependiendo de la principal causa de muerte del individuo, se distinguen tres síndromes.



SUBSECRETARÍA  
DIRECCIÓN GENERAL DE  
PROTECCIÓN CIVIL Y  
EMERGENCIAS



## SÍNDROME DE IRRADIACIÓN ( efecto determinista) (3)

- Enfermedad manifiesta
    - Dependiendo de la principal causa de muerte del individuo, se distinguen tres síndromes:
      - Síndrome de la médula ósea. Si la dosis recibida por la médula ósea ha sido de más de 6-8 Sievert, por lo general sigue la muerte en unas pocas semanas.
      - Síndrome gastrointestinal
      - Síndrome del sistema nervioso central
- ☐ Dosis tan elevadas como la mencionada solo se han visto en accidentes serios, a menudo en relación con fuentes grandes en manos equivocadas.
- ☐ Es muy poco probable que una población expuesta a las consecuencias de un accidente nuclear obtenga dosis tan altas, salvo en las inmediaciones del reactor.
- ☐ Ningún miembro de público, después del accidente de Chernobyl ha tenido el síndrome de irradiación.



MINISTERIO  
DEL  
INTERIOR

SUBSECRETARÍA  
DIRECCIÓN GENERAL DE  
PROTECCIÓN CIVIL Y  
EMERGENCIAS



## QUEMADURAS POR RADIACIONES ( efectos deterministas)

- La piel es sensible a la radiación, especialmente a la radiación beta.
- Una dosis local alta causa enrojecimiento de la zona pasadas un par de horas.
- Dos semanas después el pelo de la zona se cae. La caída total del mismo se considera un indicador de amenaza para la vida después de una dosis a cuerpo entero de unos sieverts.
- Si la dosis local continua siendo alta, aparecerá una segunda oleada de enrojecimiento a las dos o tres semanas.
- Esto puede terminar bien con descamación seca de la piel o, después de la aparición de ampollas con una descamación húmeda.
- A continuación se inicia la curación de los bordes de la úlcera. Sin embargo, si la dosis local ha sido muy alta, una tercera oleada de enrojecimiento puede ocurrir transcurridos unos meses. Esta es señal de que los vasos sanguíneos de la piel han sido dañados y ocluidos, y las úlceras y necrosis seguirán. Ese tipo de daño puede ser muy doloroso y la amputación puede ser la solución definitiva.



MINISTERIO  
DEL  
INTERIOR

SUBSECRETARÍA  
DIRECCIÓN GENERAL DE  
PROTECCIÓN CIVIL Y  
EMERGENCIAS



## RADIACIÓN Y EMBARAZO (1)

- La radiación puede dañar al feto en crecimiento, debido a que la división celular es sensible a la radiación.
- En las primeras dos semanas después de la concepción, la exposición a la radiación puede causar la muerte del embrión.
- El sistema nervioso central (SNC) es más sensible que cualquier estructura ante un efecto perjudicial en el útero. El periodo más crítico del desarrollo para el SNC es el comprendido entre las semanas 8-15.
- La exposición del feto a la radiación durante el embarazo aumenta el riesgo de que el niño desarrolle cáncer a lo largo de su vida.
- Es muy improbable que la dosis recibida por el feto en una situación de lluvia radiactiva tenga repercusiones de efectos deterministas sobre el desarrollo fetal.



MINISTERIO  
DEL  
INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE  
PROTECCIÓN CIVIL Y  
EMERGENCIAS



RADIACIÓN Y EMBARAZO (2)

Probabilidad de tener un hijo sano en función de la dosis de radiación

| Dosis absorbida por el embrión/feto (mGy) | Probabilidad de que el niño <b>NO</b> tenga malformaciones (%) | Probabilidad de que el niño <b>NO</b> desarrolle cáncer entre los 0 y 19 años (%) |
|-------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| 0                                         | 97                                                             | 99.7                                                                              |
| 0.5                                       | 97                                                             | 99.7                                                                              |
| 1                                         | 97                                                             | 99.7                                                                              |
| 2.5                                       | 97                                                             | 99.7                                                                              |
| 5                                         | 97                                                             | 99.7                                                                              |
| 10                                        | 97                                                             | 99.6                                                                              |
| 50                                        | 97                                                             | 99.4                                                                              |
| 100                                       | próximo a 97                                                   | 99.1                                                                              |

Publicación nº 84. ICRP

Como se puede comprobar, dosis entre 0 y 100 mSv no suponen un aumento de la probabilidad de incidencia de malformaciones en el recién nacido. Para dosis de 100 mSv, el incremento de probabilidad de incidencia de cáncer durante la infancia es del 0.6%.



MINISTERIO  
DEL  
INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE  
PROTECCIÓN CIVIL Y  
EMERGENCIAS



MÓDULO 4: PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

4.2

VÍAS DE EXPOSICIÓN EN  
ACCIDENTES RADIOLÓGICOS



SUBSECRETARÍA  
DIRECCIÓN GENERAL DE  
PROTECCIÓN CIVIL Y  
EMERGENCIAS



## GENERALIDADES

- En un accidente con implicación radiológica, las personas pueden estar expuestas a radiación emitida por:
  - Radionucleidos que han sido incorporados en su organismo, en este caso se habla de dosis por irradiación interna.
  - Radionucleidos externos al organismo, se habla de dosis por irradiación externa.
  - Dosis total = dosis interna + dosis externa

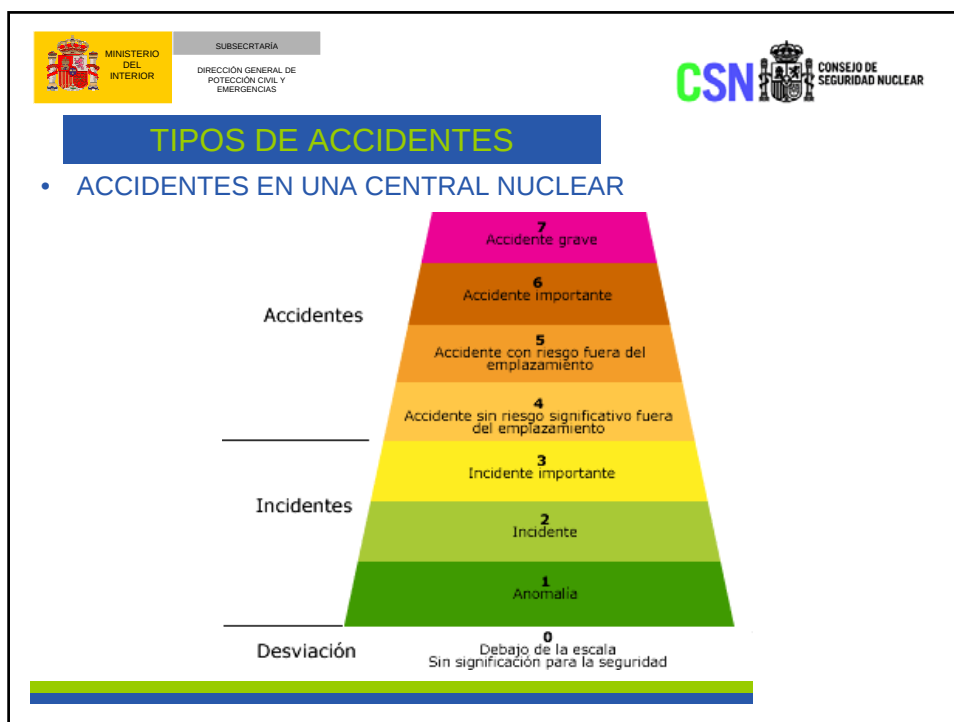


SUBSECRETARÍA  
DIRECCIÓN GENERAL DE  
PROTECCIÓN CIVIL Y  
EMERGENCIAS



## TIPOS DE ACCIDENTES

- ACCIDENTES EN UNA CENTRAL NUCLEAR
  - La magnitud de los accidentes en centrales puede variar desde pequeños incidentes a accidentes a gran escala.
  - La Escala Internacional de Accidentes Nucleares (INES) clasifica los sucesos en siete categorías de acuerdo a criterios específicos.



MINISTERIO DEL INTERIOR SUBSECRETARÍA DIRECCIÓN GENERAL DE PROTECCIÓN CIVIL Y EMERGENCIAS

CSN CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR

## TIPOS DE ACCIDENTES

- ACCIDENTES EN UNA CENTRAL NUCLEAR
  - Un accidente menor podría ser, por ejemplo, una fuga limitada de agua de refrigeración del circuito primario en el interior del edificio de contención, en el que queda confinada.
    - Los radionucleidos liberados pueden permanecer en el interior de la planta y causar exposición a la radiación sólo a los trabajadores.
    - La exposición podría ser interna, debida a la inhalación de radionucleidos, o externa debida a la contaminación del ambiente de trabajo o de la piel.



MINISTERIO  
DEL  
INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE  
PROTECCIÓN CIVIL Y  
EMERGENCIAS



## TIPOS DE ACCIDENTES

- **ACCIDENTES EN UNA CENTRAL NUCLEAR**

- En un accidente a gran escala, las barras del combustible se podrían romper, la estanqueidad del circuito primario se podría perder y podrían ser liberadas grandes cantidades de radionucleidos dentro del edificio del reactor, contaminando la parte interior de la central.
  - Se podría perder la estanqueidad de la contención y ser liberados a la atmósfera o al agua de refrigeración.
  - Como consecuencia, los radionucleidos alcanzarían el medio ambiente y causarían exposición externa e interna a la gente a lo largo del camino recorrido por el penacho radiactivo.



MINISTERIO  
DEL  
INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE  
PROTECCIÓN CIVIL Y  
EMERGENCIAS



## TIPOS DE ACCIDENTES

- **EXPLOSIONES ACCIDENTALES DE ARMAS NUCLEARES**

- Es extremadamente improbable debido a los mecanismos de seguridad, y hasta el momento no se ha producido ninguna.
- Si tal accidente se produjera la cantidad y la composición de radionucleidos producidos en la explosión dependería del tipo y de la potencia del arma.
- Aunque hay armas nucleares basadas en la fisión del uranio o del plutonio y en la fusión de los isótopos de hidrógeno, la composición de radionucleidos producidos sería bastante similar en ambos casos porque, en el caso de una explosión de fusión, es necesario una fisión previa para elevar la temperatura lo suficiente para que la reacción de fusión se pudiera producir.



MINISTERIO  
DEL  
INTERIOR

SUBSECRETARÍA  
DIRECCIÓN GENERAL DE  
PROTECCIÓN CIVIL Y  
EMERGENCIAS



## TIPOS DE ACCIDENTES

- **EXPLOSIONES ACCIDENTALES DE ARMAS NUCLEARES**

- La composición de radionucleidos producidos también depende de si la explosión se produce a una determinada altura en la atmósfera, cerca de la superficie del suelo, bajo tierra o bajo el agua.
- En caso de una fuerte explosión en la atmósfera, los radionucleidos producidos podrían dispersarse a la troposfera o la estratosfera debido al calor y la presión generados en la explosión.
- Los vientos dispersarían los radionucleidos por todo el planeta y los radionucleidos se depositarían lentamente durante años causando contaminación radiactiva atmosférica y deposición radiactiva en todo el mundo.



MINISTERIO  
DEL  
INTERIOR

SUBSECRETARÍA  
DIRECCIÓN GENERAL DE  
PROTECCIÓN CIVIL Y  
EMERGENCIAS



## TIPOS DE ACCIDENTES

- **EXPLOSIONES ACCIDENTALES DE ARMAS NUCLEARES**

- Si la explosión se produjese cerca de la superficie del suelo la activación de los elementos químicos que componen el suelo podría además causar una fuerte incidencia local.



MINISTERIO  
DEL  
INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE  
PROTECCIÓN CIVIL Y  
EMERGENCIAS



## TIPOS DE ACCIDENTES

- **EXPLOSIONES ACCIDENTALES DE ARMAS NUCLEARES**

- Si el arma nuclear explotase en su almacenamiento subterráneo se produciría, además de en una dispersión atmosférica, en una gran deposición local de materiales activados.
- En el caso de un incendio en el almacenamiento sin explosión nuclear, probablemente sólo se produciría la dispersión local de los materiales radiactivos. En este caso, la composición de los materiales radiactivos emitidos se limitaría a los radionucleidos presentes en el explosivo nuclear.



MINISTERIO  
DEL  
INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE  
PROTECCIÓN CIVIL Y  
EMERGENCIAS



## TIPOS DE ACCIDENTES

- **ACCIDENTES A PEQUEÑA ESCALA**

- Accidentes durante la producción o manipulación de fuentes o materiales radiactivos.
- El riesgo radiológico causado dependerá de la actividad de los radionucleidos y de sus propiedades físico-químicas.
- La exposición resultante podría ser causada por la inhalación de radionucleidos dispersados en el aire o por irradiación externa en el lugar de trabajo. En muchos casos, no habrá muchas personas expuestas, pero las dosis pueden ser altas.



MINISTERIO  
DEL  
INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE  
PROTECCIÓN CIVIL Y  
EMERGENCIAS



CSN



CONSEJO DE  
SEGURIDAD NUCLEAR

## VIAS DE EMISIÓN

- En el caso de un accidente en una instalación nuclear, los radionucleidos pueden permanecer confinados en la planta o ser liberadas al exterior.



MINISTERIO  
DEL  
INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE  
PROTECCIÓN CIVIL Y  
EMERGENCIAS



CSN



CONSEJO DE  
SEGURIDAD NUCLEAR

## VIAS DE EMISIÓN

- Emisión atmosférica de radionucleidos.
  - ☐ Los radionucleidos son liberados a la atmósfera, transportados por el viento y corrientes de aire y se mezclan verticalmente por procesos turbulentos.
  - ☐ Los radionucleidos se eliminan por desintegración radiactiva o por deposición seca o húmeda.



MINISTERIO  
DEL  
INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE  
PROTECCIÓN CIVIL Y  
EMERGENCIAS



CONSEJO DE  
SEGURIDAD NUCLEAR

## VIAS DE EMISIÓN

- Emisión de radionucleidos al medio acuático.
  - ☐ Instalaciones en las que puede haber una fuga de líquidos radiactivos.
  - ☐ La concentración de radionucleidos disminuye de forma inmediata debido a la dilución en grandes cantidades de agua.
  - ☐ El comportamiento, el transporte y dilución de radionucleidos en el medio acuático dependerá de la solubilidad de cada radionucleido (dependerá del estado físico-químico en que se encuentra) y del tipo y las propiedades del medio acuático receptor.
  - ☐ Los materiales radiactivos pueden ser retirados del agua por procesos de sedimentación, existiendo un intercambio continuo de materia entre el agua y el sedimento mientras la actividad se dispersa.



MINISTERIO  
DEL  
INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE  
PROTECCIÓN CIVIL Y  
EMERGENCIAS



CONSEJO DE  
SEGURIDAD NUCLEAR

## VIAS DE EMISIÓN

- Exposición a radionucleidos confinados

Los radionucleidos confinados en la central nuclear sólo pueden causar dosis a las personas presentes de la zona, expuestas a la radiación directa o dispersa procedente de ellos.



SUBSECRETARÍA  
DIRECCIÓN GENERAL DE  
PROTECCIÓN CIVIL Y  
EMERGENCIAS



## EXPOSICIÓN DE RADIONUCLEIDOS EN EL AIRE (1)

- DOSIS EXTERNAS
  - Cuando una nube o pluma radiactiva llega a un lugar donde hay población, se produce una primera fase de exposición a la radiación externa emitida por los radionucleidos en aire.
  - Si la nube llega a los pocos días de la emisión de radionucleidos causada por una explosión nuclear o accidente nuclear, ésta puede contener abundantes radionucleidos de vida corta.
  - Si la nube tarda mucho más tiempo en llegar, la mayor parte de la actividad será debida a radionucleidos de vida larga.
  - La dosis por radiación externa está emitida principalmente por radiación gamma. La radiación beta se absorbe en pocos metros y la radiación alfa en unos centímetros
  - La dosis por radiación externa causada por la radiación directa desde la nube depende de la composición y concentración de radionucleidos en el aire y es proporcional a la actividad de los radionucleidos integrada a lo largo del tiempo



SUBSECRETARÍA  
DIRECCIÓN GENERAL DE  
PROTECCIÓN CIVIL Y  
EMERGENCIAS



## EXPOSICIÓN DE RADIONUCLEIDOS EN EL AIRE (2)

- DOSIS INTERNA ( por inhalación de la nube contaminada)
  - Cuando la nube que contiene aerosoles radiactivos llega, las personas se encuentran sumergidos en ella, y empezarán a inhalar los radionucleidos que contiene el aire.
  - La exposición interna está causada por aquellas partículas que entran en las vías respiratorias y se depositan en ella.
  - El material radiactivo presente en el aire puede estar compuesto de partículas y de gases nobles. La exposición interna estará causada por aquellas partículas que entren en las vías respiratorias y se depositen en ellas.
  - Debido a que los gases nobles no se depositan en las vías respiratorias y son químicamente inertes, su contribución a la dosis por inhalación puede ser despreciada.
  - Cuando el aire esté limpio, la irradiación continuará puesto que los radionucleidos se encuentran en el interior de las personas.



MINISTERIO  
DEL  
INTERIOR

SUBSECRETARÍA  
DIRECCIÓN GENERAL DE  
PROTECCIÓN CIVIL Y  
EMERGENCIAS



## EXPOSICIÓN DE RADIONUCLEIDOS EN EL AIRE (3)

- DOSIS INTERNA ( por inhalación de la nube contaminada)
  - El comportamiento de las partículas en el sistema respiratorio depende del tamaño de las partículas. La mayoría de las partículas de gran tamaño se depositan en las membranas mucosas de la nariz. Una parte de ellas se depositarán en la parte superior de las vías respiratorias.
  - En caso de que los radionucleidos presentes en las partículas y los gases sean solubles, serán transferidos a la sangre y, a continuación, a los distintos órganos y tejidos de acuerdo a su naturaleza química.
  - Las partículas insolubles pueden desplazarse desde los pulmones, por distintos procesos de eliminación, a los ganglios linfáticos donde pueden permanecer mucho tiempo o desde donde serán eliminadas hacia los fluidos corporales.
  - Los gases inertes o insolubles serán exhalados.



MINISTERIO  
DEL  
INTERIOR

SUBSECRETARÍA  
DIRECCIÓN GENERAL DE  
PROTECCIÓN CIVIL Y  
EMERGENCIAS



## EXPOSICIÓN DE RADIONUCLEIDOS EN EL AIRE (4)

- DOSIS INTERNA ( por inhalación de la nube contaminada)
  - Los radionucleidos emisores de alfa, beta o gamma de baja energía son los más peligrosos cuando se considera la exposición a los tejidos respiratorios.
  - En una explosión nuclear los isótopos más peligrosos son especialmente I-131, y los isótopos de Cesio (Cs-137 y Cs-134) .



SUBSECRETARÍA  
DIRECCIÓN GENERAL DE  
PROTECCIÓN CIVIL Y  
EMERGENCIAS



## EXPOSICIÓN DE RADIONUCLEIDOS EN EL AIRE (5)

- **DOSIS A LA PIEL**

- La piel puede estar expuesta a los radionucleidos presentes en el aire o a partículas radiactivas depositadas en la piel.
- Los emisores alfa, beta y gamma de baja energía son los más eficaces. Las partículas suelen permanecer en la piel durante pocas horas, lo que limita su dosis.



SUBSECRETARÍA  
DIRECCIÓN GENERAL DE  
PROTECCIÓN CIVIL Y  
EMERGENCIAS



## VÍAS DE EXPOSICIÓN A PARTIR DE LA DEPOSICIÓN DE RADIONUCLEIDOS (1)

- **DOSIS POR IRRADIACIÓN EXTERNA POR LOS RADIONUCLEIDOS DEPOSITADOS(1)**

- Los radionucleidos presentes en la nube se depositarán en la superficie del suelo, agua, casas y vegetación.
- La dosis externa se producirá principalmente por la radiación gamma.
- La mayor parte de la exposición externa es causada por los radionucleidos depositados en un radio de una pocas decenas de metros.
- La rugosidad del terreno y otros obstáculos reducen la intensidad de la radiación.
- Con el tiempo, la exposición se deberá a los radionucleidos de vida larga.
- La radiación desaparece por la desintegración radiactiva y por procesos meteorológicos.



MINISTERIO  
DEL  
INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE  
PROTECCIÓN CIVIL Y  
EMERGENCIAS



## VÍAS DE EXPOSICIÓN A PARTIR DE LA DEPOSICIÓN DE RADIONUCLEIDOS (2)

- DOSIS POR IRRADIACIÓN EXTERNA POR LOS RADIONUCLEIDOS DEPOSITADOS(2)
  - La lluvia lava los radionucleidos de la vegetación al suelo.
  - También puede lavar parte de los radionucleidos presentes en o sobre el suelo, hacia sumideros u otras zonas, y los radionucleidos pueden migrar a capas más profundas del suelo.
  - Todos estos efectos meteorológicos disminuyen la tasa de exposición externa, adicionalmente a la que produce la desintegración radiactiva.



MINISTERIO  
DEL  
INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE  
PROTECCIÓN CIVIL Y  
EMERGENCIAS



## VÍAS DE EXPOSICIÓN A PARTIR DE LA DEPOSICIÓN DE RADIONUCLEIDOS (3)

- DOSIS POR IRRADIACIÓN EXTERNA POR LOS RADIONUCLEIDOS DEPOSITADOS(3)
  - La dosis externa depende de:
    - la tasa de dosis
    - del tiempo durante el que una persona permanezca en la zona afectada por la radiación
    - de los efectos de blindaje que producen la rugosidad del suelo, los edificios y otras estructuras
  - La actividad depositada en los árboles y los techos y paredes de los edificios, puede incrementar la tasa de dosis externa.
  - La dosis externa obtenida es una combinación de varios factores y la estimación más fiable podría hacerse utilizando dosímetros personales.



SUBSECRETARÍA  
DIRECCIÓN GENERAL DE  
PROTECCIÓN CIVIL Y  
EMERGENCIAS



## VÍAS DE EXPOSICIÓN A PARTIR DE LA DEPOSICIÓN DE RADIONUCLEIDOS (4)

- Dosis interna (por ingestión) vía diferentes cadenas alimenticias (1)
  - Los radionucleidos depositados en el medio acuático o terrestre pueden transferirse a los seres humanos a través de diferentes cadenas alimenticias.
  - Afectan a la dosis interna de las personas la estación, la diversidad de plantas cultivadas, el tipo de ganado y los hábitos alimenticios.
  - A la hora de considerar la dosis interna, se considera la concentración de actividad de radionucleidos presentes en cada producto alimenticio y el consumo que se hace de cada alimento.



SUBSECRETARÍA  
DIRECCIÓN GENERAL DE  
PROTECCIÓN CIVIL Y  
EMERGENCIAS



## VÍAS DE EXPOSICIÓN A PARTIR DE LA DEPOSICIÓN DE RADIONUCLEIDOS (5)

- Dosis interna (por ingestión) vía diferentes cadenas alimenticias (2)
  - Los radionucleidos ingeridos con los alimentos se absorben en el tracto gastrointestinal. La cantidad absorbida de cada nucleido depende de su solubilidad.
  - Después de que la sangre absorba los elementos radiactivos, estos serán distribuidos a los diferentes órganos y tejidos donde permanecerán por un tiempo, determinado por sus parámetros metabólicos específicos de cada órgano o tejido.
  - La dosis de radiación a los órganos y tejidos depende de la cantidad de radionucleido, el tiempo que permanece en el órgano o tejido y del tipo de radiación que emite.
  - La dosis interna total debido a la ingestión puede calcularse mediante la suma de las dosis recibidas por el consumo de los diferentes alimentos.



MINISTERIO  
DEL  
INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE  
PROTECCIÓN CIVIL Y  
EMERGENCIAS



CONSEJO DE  
SEGURIDAD NUCLEAR

## VÍAS DE EXPOSICIÓN A PARTIR DE LA DEPOSICIÓN DE RADIONUCLEIDOS (6)

- Dosis interna (por ingestión) vía diferentes cadenas alimenticias (3):
  - Transferencia de radionucleidos en los diferentes alimentos a través de las cadenas alimenticias:
    - LECHE:
      - ✓ Es probable que se contamine de yodo, cesio o estroncio.
      - ✓ La contaminación de la leche será máxima cuando la deposición se produzca en época de pastoreo.
      - ✓ El contenido de actividad de Iodo en la leche se reducirá rápidamente debido a su corto periodo de semidesintegración, pero, debido al largo periodo de semidesintegración de Cesio y Estroncio, la disminución de sus concentraciones en la leche será lenta.



MINISTERIO  
DEL  
INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE  
PROTECCIÓN CIVIL Y  
EMERGENCIAS



CONSEJO DE  
SEGURIDAD NUCLEAR

## VÍAS DE EXPOSICIÓN A PARTIR DE LA DEPOSICIÓN DE RADIONUCLEIDOS (7)

- Dosis interna (por ingestión) vía diferentes cadenas alimenticias (4):
  - Transferencia de radionucleidos en los diferentes alimentos a través de las cadenas alimenticias:
    - CARNE:
      - ✓ Contaminada sólo por isótopos de cesio.
      - ✓ Como los cerdos y las aves de corral son a menudo alimentados por forraje producido durante el año anterior, en la primera fase el aumento de las concentraciones de cesio es más bien lenta hasta que se empiece a utilizar el forraje recolectado tras la deposición.
      - ✓ Diferencias dependiendo de cómo se haya alimentado al animal. (La vías de contaminación de la carne de ovino dependerá de los hábitos de pastoreo. )
    - CEREALES:
      - ✓ Si la deposición se produce durante la estación de crecimiento, los radionucleidos serán transferidos a los cereales por contaminación directa y absorción a través de las raíces.
      - ✓ En caso de la contaminación directa, se pueden encontrar gran variedad de radionucleidos en los cereales, pero cuando la contaminación se produce a través de las raíces se incorporan fundamentalmente los isótopos de estroncio y cesio.



MINISTERIO  
DEL  
INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE  
PROTECCIÓN CIVIL Y  
EMERGENCIAS



CONSEJO DE  
SEGURIDAD NUCLEAR

## VÍAS DE EXPOSICIÓN A PARTIR DE LA DEPOSICIÓN DE RADIONUCLEIDOS (8)

- Dosis interna (por ingestión) vía diferentes cadenas alimenticias (5):
  - Transferencia de radionucleidos en los diferentes alimento a través de las cadenas alimenticias:
    - VEGETALES Y FRUTAS:
      - ✓ Las verduras de hoja ancha se pueden contaminar directamente con radionucleidos depositados en sus hojas o por absorción de raíces.
    - PESCADO Y OTROS ALIMENTOS ACUÁTICOS:
      - ✓ La contaminación radiactiva de los peces de agua dulce en lagos oligotróficos puede dar lugar a concentraciones elevadas de cesio.
      - ✓ Esta concentración depende del volumen de agua y del nivel de nutrientes, de la cantidad de actividad depositada en el agua y su cuenca, del caudal, etc.
      - ✓ En mares y océanos la incorporación por el pescado es mucho menor por la mayor cantidad de agua.
      - ✓ Los mejillones, algunas especies de algas y otros filtradores pueden incorporar rápidamente radionucleidos asociados a las partículas que filtran del agua de mar.



MINISTERIO  
DEL  
INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE  
PROTECCIÓN CIVIL Y  
EMERGENCIAS



CONSEJO DE  
SEGURIDAD NUCLEAR

## VÍAS DE EXPOSICIÓN A PARTIR DE LA DEPOSICIÓN DE RADIONUCLEIDOS (9)

- Dosis interna (por ingestión) vía diferentes cadenas alimenticias (6):
  - Transferencia de radionucleidos en los diferentes alimento a través de las cadenas alimenticias:
    - PRODUCTOS SILVESTRES:
      - ✓ Se pueden encontrar concentraciones elevadas de cesio en setas.
      - ✓ Dependiendo de sus hábitos de alimentación, la carne de caza puede tener altas concentraciones de cesio.



MINISTERIO  
DEL  
INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE  
PROTECCIÓN CIVIL Y  
EMERGENCIAS



CSN



CONSEJO DE  
SEGURIDAD NUCLEAR

## MÓDULO 4: PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

### 4.3 SISTEMAS DE LIMITACIÓN DE DOSIS



MINISTERIO  
DEL  
INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE  
PROTECCIÓN CIVIL Y  
EMERGENCIAS



CSN



CONSEJO DE  
SEGURIDAD NUCLEAR

## PRINCIPIOS Y CRITERIOS BÁSICOS DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

- Los principios básicos de la Protección Radiológica:
  - Justificación
  - Optimización
  - Limitación



MINISTERIO  
DEL  
INTERIOR

SUBSECRETARÍA  
DIRECCIÓN GENERAL DE  
PROTECCIÓN CIVIL Y  
EMERGENCIAS



CONSEJO DE  
SEGURIDAD NUCLEAR

## PRINCIPIOS Y CRITERIOS BÁSICOS DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

- **Prácticas:** todas las actividades humanas que aumentan la exposición global a la radiación, como por ejemplo, el uso de dispositivos radiactivos o la producción de energía nuclear.
- **Intervenciones:** resto de actividades humanas que disminuyen la exposición global a la radiación.
  - Las acciones protectoras desarrolladas en situaciones de emergencia son el ejemplo más típico de intervención.



MINISTERIO  
DEL  
INTERIOR

SUBSECRETARÍA  
DIRECCIÓN GENERAL DE  
PROTECCIÓN CIVIL Y  
EMERGENCIAS



CONSEJO DE  
SEGURIDAD NUCLEAR

## PRINCIPIOS Y CRITERIOS BÁSICOS DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

- **Exposición potencial:**
  - Distinta a las exposiciones que se producen como consecuencia de las prácticas e intervenciones, de la que además no se tiene a veces certeza de que se produce.



MINISTERIO  
DEL  
INTERIOR

SUBSECRETARÍA  
DIRECCIÓN GENERAL DE  
PROTECCIÓN CIVIL Y  
EMERGENCIAS



## PRINCIPIOS Y CRITERIOS BÁSICOS DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

- **Dosis absorbida:** magnitud básica para la medida de la radiación. La dosis absorbida, en un tejido u órgano, ponderada en función del tipo y la calidad de la radiación se llama **dosis equivalente**.
- La suma de las dosis equivalentes ponderadas en todos los tejidos y órganos del cuerpo a causa de irradiaciones internas y externas se llama **dosis efectiva**.
- El nombre de la unidad para ambas dosis, efectiva y equivalente, es el Sievert (Sv).



MINISTERIO  
DEL  
INTERIOR

SUBSECRETARÍA  
DIRECCIÓN GENERAL DE  
PROTECCIÓN CIVIL Y  
EMERGENCIAS



## PRINCIPIOS Y CRITERIOS BÁSICOS DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

- **Dosis efectiva colectiva:** Desde el punto de vista de la justificación y la optimización, es esta la magnitud más empleada.
  - Se define, para un grupo de personas y en su caso una población, como la suma de las dosis individuales de cada miembro del grupo o población.



MINISTERIO  
DEL  
INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE  
PROTECCIÓN CIVIL Y  
EMERGENCIAS



CSN



CONSEJO DE  
SEGURIDAD NUCLEAR

## PRINCIPIOS Y CRITERIOS BÁSICOS DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

- **Dosis previstas (DP):** dosis a la población para cada vía de exposición, sin tener en cuenta las posibles medidas de protección.
- **Dosis evitada (DE):** Es la dosis empleada para una situación de intervención para cada vía de exposición. Es la dosis no recibida gracias a la aplicación de una medida de protección.



MINISTERIO  
DEL  
INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE  
PROTECCIÓN CIVIL Y  
EMERGENCIAS



CSN



CONSEJO DE  
SEGURIDAD NUCLEAR

## INTERVENCIÓN EN SITUACIONES DE EMERGENCIA

- La intervención en una situación de emergencia se justifica si sus beneficios (incluyen detrimento de la dosis evitable) son mayores que los inconvenientes asociados a la misma.
- Para cualquier situación en la que se deba considerar una intervención, se aplicará el criterio de ALARA.
- Este criterio se refiere a la magnitud de dosis individual y al número de personas expuestas (dosis colectiva). Tiene en cuenta factores económicos y sociales.



MINISTERIO  
DEL  
INTERIOR

SUBSECRETARÍA  
DIRECCIÓN GENERAL DE  
PROTECCIÓN CIVIL Y  
EMERGENCIAS



## INTERVENCIÓN EN SITUACIONES DE EMERGENCIA

- En una intervención, en una situación de emergencia, la exposición se llevará a cabo considerando los niveles de intervención y los niveles de acción.
- Niveles de intervención: se expresan en términos de dosis que se espera evitar mediante una acción de protección específica asociada a la intervención.
- Niveles de acción: son expresados en términos de concentración de actividad de radionucleidos en, por ejemplo, alimentos, agua y cultivos.



MINISTERIO  
DEL  
INTERIOR

SUBSECRETARÍA  
DIRECCIÓN GENERAL DE  
PROTECCIÓN CIVIL Y  
EMERGENCIAS



## INTERVENCIÓN EN SITUACIONES DE EMERGENCIA

Los niveles de intervención empleados para acciones inmediatas de protección, incluidos refugios, evacuaciones y profilaxis con yodo, corresponden a los especificados en el Anexo II del PLABEN y que corresponden a los fijados por el CSN siguiendo recomendaciones internacionales, como las publicadas por la UE, la ICRP y el IAEA.



SUBSECRETARÍA  
DIRECCIÓN GENERAL DE  
PROTECCIÓN CIVIL Y  
EMERGENCIAS



## TÉCNICAS Y MÉTODOS PARA LIMITACIÓN DE DOSIS

- La dosis que recibe una persona de fuentes externas de radiación depende de la distancia entre la fuente radiactiva y la persona, el tiempo de irradiación, y el blindaje que se interponga.
- La dosis interna se puede evitar si se asegura la no acumulación de la contaminación radiactiva en el cuerpo. Las principales vías de contaminación interna son la inhalación y la ingestión.



SUBSECRETARÍA  
DIRECCIÓN GENERAL DE  
PROTECCIÓN CIVIL Y  
EMERGENCIAS



## • LÍMITES DE DOSIS (en RPSCRI)

|                                                                         | E(mSv/año)                                                                   | H para cristalino (mSv) | H para piel (mSv) | H en manos, brazos, pies y tobillos (mSv) |
|-------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|-------------------|-------------------------------------------|
| <b>Trabajadores expuestos</b>                                           | 100 (durante 5 años oficiales consecutivos)<br>50 (en cualquier año oficial) | 150                     | 500               | 500                                       |
| <b>Trabajadores expuestos en exposiciones especialmente autorizadas</b> | Los definidos por el CSN para cada caso concreto                             |                         |                   |                                           |
| <b>Personal femenino durante embarazo y lactancia</b>                   | 1                                                                            | -                       | -                 | -                                         |
| <b>Personas en formación y estudiantes (entre 16 y 18 años)</b>         | 6                                                                            | 50                      | 150               | 150                                       |
| <b>Miembros de público</b>                                              | 1                                                                            | 15                      | 50                | -                                         |



MINISTERIO  
DEL  
INTERIOR

SUBSECRETARÍA  
DIRECCIÓN GENERAL DE  
PROTECCIÓN CIVIL Y  
EMERGENCIAS



## TÉCNICAS Y MÉTODOS PARA LIMITACIÓN DE DOSIS

- En situaciones accidentales graves no siempre es posible utilizar los límites de dosis.
- Tras el accidente, se recomienda mantener las dosis por debajo de los límites donde puedan producirse efectos deterministas graves para la salud.
- Estos límites pueden ser excedidos sólo en acciones de salvamento de vidas. Los que lleven a cabo tales acciones, deben ser trabajadores voluntarios, tendrán la formación adecuada y estarán debidamente informados de los riesgos que corren.



MINISTERIO  
DEL  
INTERIOR

SUBSECRETARÍA  
DIRECCIÓN GENERAL DE  
PROTECCIÓN CIVIL Y  
EMERGENCIAS



## TÉCNICAS Y MÉTODOS PARA LIMITACIÓN DE DOSIS

- Para aplicar los valores máximos, se deben sumar tanto los valores de dosis interna como de dosis externa.
- La dosis se denomina externa si la fuente de radiación se encuentra fuera del cuerpo. Análogamente, si la fuente de radiación se encuentra en el interior del cuerpo, la dosis recibida se llama dosis interna.



MINISTERIO  
DEL  
INTERIOR

SUBSECRETARÍA  
DIRECCIÓN GENERAL DE  
PROTECCIÓN CIVIL Y  
EMERGENCIAS



## • LIMITACIONES TÉCNICAS

- Durante el paso de la nube radiactiva, la dosis se puede reducir si las personas permanecen resguardadas en el interior de las instalaciones.
- Después del paso de la nube es conveniente abrir ventanas y puertas para ventilar, reduciendo así la dosis debida a la concentración de los radionucleidos puedan haber entrado al edificio.
- Los medios de evacuación de urgencia y la salida temporal están diseñados para evitar efectos deterministas graves y un riesgo alto de efectos estocásticos por dosis y tasas de dosis altas.
- Aplicación de profilaxis de Iodo, pues la incorporación del isótopo por el tiroides es detenida por el Iodo estable.
- La profilaxis casi siempre está justificada si se pueden evitar dosis medias individuales en tiroides de 0,1 Sv para adultos. El riesgo de daños para niños es mayor que para adultos.



MINISTERIO  
DEL  
INTERIOR

SUBSECRETARÍA  
DIRECCIÓN GENERAL DE  
PROTECCIÓN CIVIL Y  
EMERGENCIAS



## • VIGILANCIA DE EXPOSICIÓN EXTERNA

- Se estima mediante dosimetría externa. Para ello se emplean los dosímetros personales.
- Estos están calibrados para medir dosis equivalentes, a una profundidad de 10 mm (**dosis equivalente profunda**) y así poder realizar una estimación conservadora de dosis efectiva debido a radiaciones penetrantes.
- De la misma manera, se emplean para conocer la dosis equivalente individual a una profundidad de 0,07 mm (**dosis equivalente superficial**) y así realizar una estimación de la dosis equivalente debido a radiaciones poco penetrantes.



MINISTERIO  
DEL  
INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE  
PROTECCIÓN CIVIL Y  
EMERGENCIAS



CONSEJO DE  
SEGURIDAD NUCLEAR

- VIGILANCIA DE EXPOSICIÓN INTERNA

- La exposición interna se determina con contadores de radiactividad corporal (CRC).
- La dosis efectiva comprometida se calcula teniendo en cuenta la hora de la incorporación y el metabolismo de eliminación del propio radionucleido.
- El control rutinario continuo de la dosis interna es difícil, y por ello, el principal objetivo es crear unas condiciones de trabajo tales que no impliquen la necesidad de hacer un seguimiento sistemático.



MINISTERIO  
DEL  
INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE  
PROTECCIÓN CIVIL Y  
EMERGENCIAS



CONSEJO DE  
SEGURIDAD NUCLEAR

- VIGILANCIA DE EXPOSICIÓN INTERNA

- La vigilancia de la glándula tiroidea se puede realizar midiendo la actividad de la tiroides.



MINISTERIO  
DEL  
INTERIOR

SUBSECRETARÍA  
DIRECCIÓN GENERAL DE  
PROTECCIÓN CIVIL Y  
EMERGENCIAS



- DESCONTAMINACIÓN

- Si se sospecha que la ropa o la propia piel del individuo pudieran estar contaminados, una acción de descontaminación sería desvestirse, lavarse y cambiarse de ropa.
- La ropa sospechosa será almacenada hasta su medida posterior.
- Si se han medido niveles extremadamente altos de contaminación cutánea, se deberán utilizar agentes específicos de descontaminación, siempre bajo supervisión médica



MINISTERIO  
DEL  
INTERIOR

SUBSECRETARÍA  
DIRECCIÓN GENERAL DE  
PROTECCIÓN CIVIL Y  
EMERGENCIAS



- DESCONTAMINACIÓN

- Personal capacitado que disponga de equipos apropiados, puede encargarse de reducir los niveles de contaminación en edificios y superficies de terreno con bajo riesgo para la población.
- Dependiendo de los niveles o la extensión de la contaminación, es posible que los trabajadores involucrados terminen recibiendo una cierta dosis.
- Cuanto mayor sea la zona que necesita descontaminación, tanto más difícil será la tarea y menos eficaz podría ser como medida de descontaminación.



MINISTERIO  
DEL  
INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE  
PROTECCIÓN CIVIL Y  
EMERGENCIAS



CSN



CONSEJO DE  
SEGURIDAD NUCLEAR

## • DESCONTAMINACIÓN

- Se requerirán medios de almacenamiento y eliminación definitiva de los residuos radiactivos.
- Para esta medida de protección, la justificación y optimización tendrá que ser sobre la base de dosis colectiva evitable.



MINISTERIO  
DEL  
INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE  
PROTECCIÓN CIVIL Y  
EMERGENCIAS



CSN



CONSEJO DE  
SEGURIDAD NUCLEAR

## LIMITACIÓN EN LA TRANSFERENCIA DE RADIONUCLEIDOS EN LA CEDENA ALIMENTARIA

- Los radionucleidos liberados accidentalmente en el medio ambiente pueden pasar a los alimentos y agua potable.
- Las medidas de protección que se aplican se dividen en dos categorías:
  - Las que restringen el consumo de alimentos y agua contaminada.
  - Las que limitan la transferencia de radionucleidos en la cadena alimentaria por la contaminación de la atmósfera, suelo y agua.



MINISTERIO  
DEL  
INTERIOR

SUBSECRETARÍA  
DIRECCIÓN GENERAL DE  
PROTECCIÓN CIVIL Y  
EMERGENCIAS



## LIMITACIÓN EN LA TRANSFERENCIA DE RADIONUCLEIDOS EN LA CEDENA ALIMENTARIA

- Los niveles de intervención de estas acciones se pueden fijar independientemente para cada una de las categorías de alimentos, como la leche y los productos lácteos, la carne (vacuno o de cordero), pescado, cereales, hortalizas, raíces y tubérculos, hortalizas, frutas y agua potable.
- Debe considerarse la viabilidad de las medidas preventivas, como la estabulación de los animales de pastoreo, su reubicación en zonas de pastos no contaminados o el suministro de piensos alternativos, ya que éstas son por lo general medidas menos costosas y menos perjudiciales que aquellas destinadas al control de los alimentos contaminados.



MINISTERIO  
DEL  
INTERIOR

SUBSECRETARÍA  
DIRECCIÓN GENERAL DE  
PROTECCIÓN CIVIL Y  
EMERGENCIAS



## CRITERIOS INTERNACIONALES DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

- Existe mucha normativa internacional relativa a la Protección Radiológica. Publicación de la OIEA: *Normas básicas internacionales de seguridad para la protección contra la radiación ionizante y para la seguridad de las fuentes de radiación* (Guía de Seguridad nº 115 de la OIEA, 1996).
- La Directiva europea 96/29/EURATOM que establece las normas básicas relativas a la protección sanitaria de los trabajadores y de la población contra los riesgos que resultan de las radiaciones ionizantes. Asimismo, han publicado el informe "Principios de Protección Radiológica Urgentes para Proteger a la Población en Caso de Liberación Accidental de Materiales Radiactivos".



MINISTERIO  
DEL  
INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE  
PROTECCIÓN CIVIL Y  
EMERGENCIAS



CONSEJO DE  
SEGURIDAD NUCLEAR

## CRITERIOS INTERNACIONALES DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

- Estas normas se basan principalmente en las recomendaciones de la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP).
- La ICRP es una organización no gubernamental de carácter científico.
- El último informe completo se presentó en 1991 (ICRP Publicación 60). Para la intervención después de un accidente, la ICRP ha publicado el informe "Principios de Intervención para la Protección del Público en una Emergencia Radiológica" (ICRP Report. 63).



MINISTERIO  
DEL  
INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE  
PROTECCIÓN CIVIL Y  
EMERGENCIAS



CONSEJO DE  
SEGURIDAD NUCLEAR

## MÓDULO 4: PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

### 4.4

### DOSIS DE RADIACIÓN Y MEDIDAS DE TASA DE DOSIS



MINISTERIO  
DEL  
INTERIOR

SUBSECRETARÍA  
DIRECCIÓN GENERAL DE  
PROTECCIÓN CIVIL Y  
EMERGENCIAS



## GENERALIDADES

- Las magnitudes dosimétricas se utilizan para describir los efectos de la radiación en los tejidos y órganos del cuerpo humano.
- Las cantidades y unidades son descritas aquí en la forma que fueron dadas por la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP) en su publicación 60, 1991.



MINISTERIO  
DEL  
INTERIOR

SUBSECRETARÍA  
DIRECCIÓN GENERAL DE  
PROTECCIÓN CIVIL Y  
EMERGENCIAS



## DOSIS ABSORBIDA

- Cuando la radiación ionizante interactúa con el material, la energía se transfiere de la fuente a la materia y es absorbida.
- La dosis absorbida es la energía absorbida por unidad de masa ponderada para un tejido u órgano.
- Su unidad es el Gray (Gy).
- Normalmente se utilizan unidades más pequeñas como el milligray (mGy) y el microgray ( $\mu$ Gy).



MINISTERIO  
DEL  
INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE  
PROTECCIÓN CIVIL Y  
EMERGENCIAS



## DOSIS EQUIVALENTE

- Los diferentes tipos de radiación ionizante – gamma, partículas alfa, neutrones- con la misma dosis absorbida, pueden provocar efectos diferentes en los órganos.
- En la dosis equivalente, se multiplica la dosis absorbida por un “factor de ponderación”(W<sub>r</sub>) relacionado con el tipo de radiación.

| Tipo y rango de Energía | W <sub>r</sub>                  |
|-------------------------|---------------------------------|
| Gamma y radiación beta  | 1                               |
| Partículas alfa         | 20                              |
| Neutrones               | 5-20, dependiendo de la energía |

- La unidad de medida es el Sievert (Sv).
- También el sievert es una cantidad bastante grande y las unidades milisievert (mSv) y microsievert (μSv) se utilizan a menudo.



MINISTERIO  
DEL  
INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE  
PROTECCIÓN CIVIL Y  
EMERGENCIAS



## DOSIS EFECTIVA

- La gravedad de las radiaciones depende también del tejido u órgano que esté expuesto a ellas.
- En la dosis efectiva se tiene en cuenta el “factor de ponderación de los tejidos” (W<sub>t</sub>).

| Tejido   | W <sub>t</sub> |
|----------|----------------|
| Gónadas  | 0.20           |
| Pulmón   | 0.12           |
| Tiroides | 0.05           |
| Piel     | 0.01           |

- La dosis efectiva será la suma de las dosis equivalentes ponderadas para todos los tejidos y órganos del cuerpo.



MINISTERIO  
DEL  
INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE  
PROTECCIÓN CIVIL Y  
EMERGENCIAS



CSN



CONSEJO DE  
SEGURIDAD NUCLEAR

## DOSIS EFECTIVA

- La dosis efectiva tiene en cuenta tanto la calidad de la radiación como la sensibilidad de los diferentes tejidos, lo que permite comparar daños causados por distintos tipos de exposiciones.
- La probabilidad de sufrir efectos estocásticos (por ejemplo, cáncer inducido por radiación) es directamente proporcional a la dosis efectiva.
- La dosis efectiva suele denominarse simplemente dosis, pero es recomendable indicar que es la eficaz cuando se esté utilizando esta magnitud.



MINISTERIO  
DEL  
INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE  
PROTECCIÓN CIVIL Y  
EMERGENCIAS



CSN



CONSEJO DE  
SEGURIDAD NUCLEAR

## MAGNITUDES DOSIMÉTRICAS Y UNIDADES

- Dado que la transferencia de la energía de la radiación a los tejidos no se puede medir directamente deben usarse métodos indirectos.
- Se utilizan dispositivos que midan la dosis absorbida en aire, en otro gas (cámaras de ionización) o en materia sólida.
- Esta información se utiliza para estimar la dosis absorbida recibida por un tejido, ya que el detector habrá estado expuesto a la misma radiación que el tejido.
- Las estimaciones para dosis equivalente son bastante buenas cuando se utilizan detectores que tengan unas propiedades de absorción similares a las de los tejidos humanos.



MINISTERIO  
DEL  
INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE  
PROTECCIÓN CIVIL Y  
EMERGENCIAS



CSN

CONSEJO DE  
SEGURIDAD NUCLEAR

## MAGNITUDES DOSIMÉTRICAS Y UNIDADES

- Las magnitudes que se determinan son las magnitudes operacionales. La más importante de ellas es la dosis equivalente a una profundidad de 10 mm, ( $H_{p10}$ ) y a una profundidad de 0,07 mm ( $H_{p0.07}$ ).
- Los dosímetros personales se utilizan para determinar la dosis equivalente personal recibida a radiación gamma externa. Los más utilizados son:
  - Dosímetros de lectura directa (DLD's)
  - Película fotográfica.
  - Termoluminiscentes (TLD's)



MINISTERIO  
DEL  
INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE  
PROTECCIÓN CIVIL Y  
EMERGENCIAS



CSN

CONSEJO DE  
SEGURIDAD NUCLEAR

## MAGNITUDES DOSIMÉTRICAS Y UNIDADES





MINISTERIO  
DEL  
INTERIOR

SUBSECRETARÍA  
DIRECCIÓN GENERAL DE  
PROTECCIÓN CIVIL Y  
EMERGENCIAS



## MAGNITUDES DOSIMÉTRICAS Y UNIDADES

Los trabajadores llevan el dosímetro normalmente en el pecho, en la parte externa de las prendas de vestir, pero puede haber otras posibilidades, dependiendo de las condiciones.

*Las instrucciones a seguir serán indicadas por el personal de protección radiológica.*



MINISTERIO  
DEL  
INTERIOR

SUBSECRETARÍA  
DIRECCIÓN GENERAL DE  
PROTECCIÓN CIVIL Y  
EMERGENCIAS



## MAGNITUDES DOSIMÉTRICAS Y UNIDADES

- DETECTORES PORTÁTILES DE RAYOS X, GAMMA Y NEUTRONES
  - Los detectores portátiles se utilizan para controlar los campos de radiación con el fin de conocer de manera instantánea la exposición a la radiación en el lugar del trabajo.
  - No deben utilizarse detectores de radiación para determinar la dosis recibida por los trabajadores.
    - Sin embargo, para el caso de tasas de dosis constantes de radiación gamma, se puede conocer la dosis efectiva multiplicando por el tiempo de permanencia.



MINISTERIO  
DEL  
INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE  
PROTECCIÓN CIVIL Y  
EMERGENCIAS



CONSEJO DE  
SEGURIDAD NUCLEAR

## MAGNITUDES DOSIMÉTRICAS Y UNIDADES

- DETECTORES PORTÁTILES DE RAYOS X, GAMMA Y NEUTRONES





MINISTERIO  
DEL  
INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE  
PROTECCIÓN CIVIL Y  
EMERGENCIAS



CONSEJO DE  
SEGURIDAD NUCLEAR

## MAGNITUDES DOSIMÉTRICAS Y UNIDADES

- DETECTORES PORTÁTILES DE RAYOS X, GAMMA Y NEUTRONES



Monitor  
Gamma



Monitor de Radiación  
Portátil



Dosímetros





MINISTERIO  
DEL  
INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE  
PROTECCIÓN CIVIL Y  
EMERGENCIAS



CSN

CONSEJO DE  
SEGURIDAD NUCLEAR

## MAGNITUDES DOSIMÉTRICAS Y UNIDADES

- **DETECTORES PORTÁTILES DE RAYOS X, GAMMA Y NEUTRONES**
  - Los detectores gamma normalmente son tubos Geiger-Müller:
    - Bastante económicos.
    - Rango de funcionamiento amplio (normalmente de 0,1  $\mu\text{Sv/h}$  a 10 Sv/h).
    - Pequeñas dimensiones.
    - Pequeños detectores GM se pueden utilizar como dispositivos personales de alarma.



MINISTERIO  
DEL  
INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE  
PROTECCIÓN CIVIL Y  
EMERGENCIAS



CSN

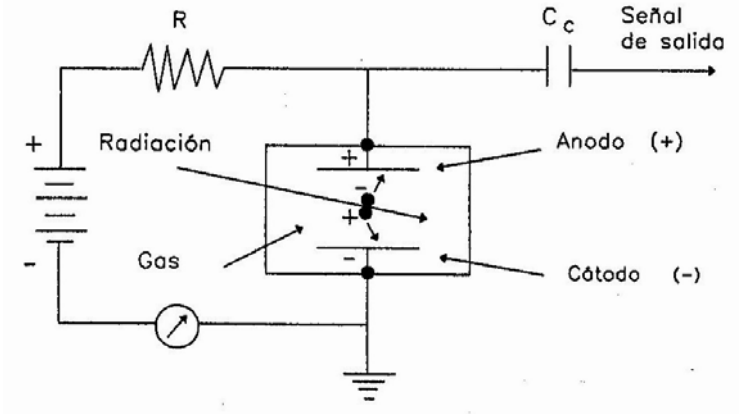
CONSEJO DE  
SEGURIDAD NUCLEAR

## MAGNITUDES DOSIMÉTRICAS Y UNIDADES

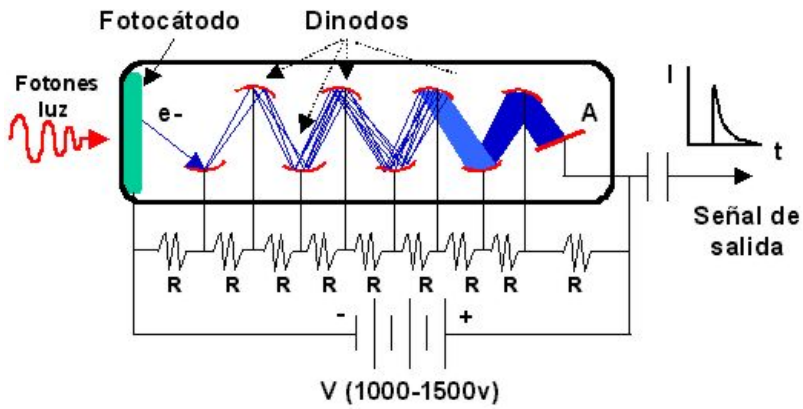
- **OTROS DETECTORES**
  - Detectores de contaminación superficial
    - Basados en el uso de cristales de centelleo o cámaras de ionización.
    - Determinan la presencia de contaminación superficial en ropa, piel y otras superficies.



MAGNITUDES DOSIMÉTRICAS Y UNIDADES



MAGNITUDES DOSIMÉTRICAS Y UNIDADES





MINISTERIO  
DEL  
INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE  
PROTECCIÓN CIVIL Y  
EMERGENCIAS



CSN



CONSEJO DE  
SEGURIDAD NUCLEAR

## MAGNITUDES DOSIMÉTRICAS Y UNIDADES

- OTROS DETECTORES

- Detectores de neutrones

- Bastante grandes y pesados.
    - El gran tamaño es debido a que el tubo de detección está cubierto por una gruesa capa de plástico que ofrece las propiedades necesarias para la interacción de los neutrones con la materia de manera análoga a como ocurriría en el cuerpo humano.



MINISTERIO  
DEL  
INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE  
PROTECCIÓN CIVIL Y  
EMERGENCIAS



CSN



CONSEJO DE  
SEGURIDAD NUCLEAR

Gracias por vuestra atención

Gracias por vuestra atención

