

 MINISTERIO DEL INTERIOR

SUBSECRETARÍA  
DIRECCIÓN GENERAL DE PROTECCIÓN CIVIL Y EMERGENCIAS

 CSN CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR

---

**MÓDULO 12: TÉCNICAS DE RESPUESTA EN EMERGENCIAS**

**12.1 LUCHA CONTRA INCENDIOS Y SERVICIOS DE RESCATE**

**12.2 VIGILANCIA Y CONTROL RADIOLÓGICOS**

**12.3 CONFINAMIENTO Y EVACUACIÓN**

**12.4 PROFILAXIS, CONTROL DE ALIMENTOS Y AGUA**

**12.5 DESCONTAMINACIÓN Y ELIMINACIÓN DE RESIDUOS**

---

 MINISTERIO DEL INTERIOR

SUBSECRETARÍA  
DIRECCIÓN GENERAL DE PROTECCIÓN CIVIL Y EMERGENCIAS

 CSN CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR

---

**MÓDULO 12: TÉCNICAS DE RESPUESTA EN EMERGENCIAS**

**12.1 LUCHA CONTRA INCENDIOS Y SERVICIOS DE RESCATE**

**Dos puntos de vista:**

- Interior
- Exterior

---

MINISTERIO DEL INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE PROTECCIÓN CIVIL Y EMERGENCIAS

CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR

**VISIÓN GENERAL DE LA SEGURIDAD CONTRA INCENDIOS EN CENTRALES NUCLEARES**

- Características del **Fuego**:
  - **Peligro de primer orden** para la seguridad
  - Puede originar **fallo de causa común**
  - Sistemas de seguridad: **prevención y mitigación**
- Requisitos de Diseño:
  - Llevar el reactor a **parada segura**
  - Eliminar el **calor residual**.
  - **Minimizar la emisión** de material radiactivo.
- Protección contra incendios (defensa en profundidad):
  - **Prevención** de incendios.
  - **Detección y extinción** de los incendios.
  - **Prevención de la propagación** de los incendios.

MINISTERIO DEL INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE PROTECCIÓN CIVIL Y EMERGENCIAS

CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR

**REQUISITOS GENERALES DE LA PLANIFICACIÓN DENTRO DEL EMPLAZAMIENTO (1/2)**

- **Responsabilidad y tareas** del personal de PCI:
  - Definidas por el **titular**.
  - **Jefe de PCI**: reporta directamente a la dirección
  - Actividades de **prevención y mitigación**.
  - Debe establecerse un **retén permanente** contra incendios
- Protección en la Fase de **Diseño (Técnicas Constructivas)**:
  - Objetivo: **minimizar riesgo** de incendio.
  - **Prevención y propagación**:
    - Aislamiento de cubículos
    - Cableado ignífugo
    - Sellado de penetraciones
  - **Extinción**:
    - Sistemas de detección y alarma automáticos
    - Sistemas de extinción de incendios automáticos
    - Red de PCI (agua de extinción)
- **Funciones** de la Organización de PCI:
  - Rescate de personas accidentadas
  - Extinción de incendios
  - Funcionamiento de sistemas pasivos (detección, extinción)

MINISTERIO DEL INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE PROTECCIÓN CIVIL Y EMERGENCIAS

CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR

**REQUISITOS GENERALES DE LA PLANIFICACIÓN DENTRO DEL EMPLAZAMIENTO (2/2)**

- **Organización:**
  - **Unidad básica de Intervención:** Jefe + 4 bomberos
    - Calificación de alto nivel
    - Medios materiales de alto nivel
  - Personal de **otros grupos** de la organización (**apoyo**)
    - Calificación de nivel de bombero voluntario o a tiempo parcial.
  - Personal de los **turnos de operación:**
    - Calificación básica en extinción.
  
- **Formación:**
  - Inicial
    - Teórica
    - Práctica (Campos de PCI)
  - Reentrenamiento

MINISTERIO DEL INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE PROTECCIÓN CIVIL Y EMERGENCIAS

CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR

**SERVICIOS EXTERNOS DE EXTINCIÓN DE INCENDIOS Y RESCATE**

- **No hay recomendaciones** internacionales sobre el Servicio Exterior
- **Funciones:**
  - Apoyo al Servicio de PCI del Explotador en la **Emergencia Interior**
    - Tiempo de respuesta: **Corto**
  - Servicio de Rescate y Extinción en la **Emergencia Exterior**
    - Tiempo de respuesta: **Medio** (emisión no inmediata desde inicio de la emergencia)
  - Muestreo y Vigilancia de **radiación y contaminación** (eventualmente)
  
- **Organización:**
  - Bomberos **Locales:**
    - Contingente inicial básico: Director + 3 unidades contraincendios y rescate
    - Tiempo de Respuesta: **30 minutos**.
  - Bomberos **Regionales:**
    - Contingente: triple de los locales
    - Tiempo de Respuesta: **60 minutos**

MINISTERIO DEL INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE PROTECCIÓN CIVIL Y EMERGENCIAS



## COORDINACIÓN ENTRE SERVICIOS INTERNO Y EXTERNO

- **PEI y PEN** deben garantizar **coordinación entre autoridades**
- Deseable que comunicación exista también en **operación normal**
  
- **Autoridades en PCI:**
  - **PEI:** Director de la Emergencia Interior (**Explotador**)
  - **PEN:** Director de la Emergencia Exterior y **Grupo Logístico**
  
- Recursos de **otras CCAA:** deben estar disponibles
  
- **Entrenamiento y ejercicios:**
  - Recomendable ejercicios conjuntos de organizaciones interior y exterior
  - Recomendable intervención de organización externa en Simulacros Internos.

MINISTERIO DEL INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE PROTECCIÓN CIVIL Y EMERGENCIAS



## EXTINCIÓN Y RESCATE EN ZONAS DE RADIACIÓN Y CONTAMINACIÓN

- Medidas de **Protección Radiológica** del Personal:
  - **Radiación:**
    - Tiempo
    - Distancia
    - Blindaje
  - **Contaminación:**
    - Evitar en lo posible contacto con material radiactivo en aire y superficies
    - Equipos de Protección Personal (Vestuario, equipos respiratorios de bomberos)
  
- Necesidad de **conocimientos de PR:**
  - Propio del Servicio de extinción y rescate
  - Asistencia de personal de PR
  
- Necesidad de información del Explotador de las **zonas de riesgo radiológico**
- **Señalización de zonas y equipos** de alto riesgo
- Necesidad de **determinación y registro de dosis.**

MINISTERIO DEL INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE PROTECCIÓN CIVIL Y EMERGENCIAS

CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR

## LÍMITES DE DOSIS PARA EL PERSONAL CONTRA INCENDIOS Y RESCATE

- GRUPO 1**
  - Acciones urgentes para:
    - Salvar vidas
    - Prevenir lesiones graves
    - Evitar agravamiento de las consecuencias del accidente
  - Límite de dosis:
    - Umbral de aparición de efectos deterministas graves (1 Gy a cuerpo entero, 6 Gy al pulmón, etc.)
    - Superior, excepcionalmente, para salvar vidas
  - Personal debe ser:
    - Voluntario
    - No mujeres embarazadas
- GRUPO 2**
  - Medidas de protección urgentes y otras actuaciones
  - Límite de dosis: 50 mSv (límite anual para trabajadores expuestos)
- GRUPO 3**
  - Operaciones de recuperación
  - Límites de dosis: Los de las Prácticas (RPSCRI)



MINISTERIO DEL INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE PROTECCIÓN CIVIL Y EMERGENCIAS

CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR

## MÓDULO 12: TÉCNICAS DE RESPUESTA EN EMERGENCIAS

# 12.2

## VIGILANCIA Y CONTROL RADIOLÓGICO

- Zonas afectadas
- Población afectada



MINISTERIO DEL INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE PROTECCIÓN CIVIL Y EMERGENCIAS



## INTRODUCCIÓN

- **Medidas:**
  - **Radiación** (monitores de tasa de dosis – radiámetros)
  - **Contaminación Superficial** (monitores de contaminación –contaminómetros)
  - **Contaminación Ambiental** (muestreadores de aire)
- **Necesidades:**
  - Equipos de Medida
  - Personal formado en uso de equipos (**Grupo Radiológico**).
- **Precauciones:**
  - Manuales y notas de uso almacenados junto a equipos
  - Conocimiento del pronóstico de evolución de la emergencia
  - Prueba de sistemas de comunicación con la dirección de emergencia
- **Vigilancia y Control de Zonas**
  - **Caracterización global** de la zona
  - Búsqueda de **puntos calientes**
  - Caracterización general con **equipos portátiles normales**
  - Caracterización detallada con equipos más sofisticados (**espectrómetros**: isótopos de vida larga)
- **Limites de dosis:** Grupo 2 (inicial) y 3 ó público (final)

---

MINISTERIO DEL INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE PROTECCIÓN CIVIL Y EMERGENCIAS



## VIGILANCIA TERRESTRE Y MARÍTIMA DE ZONAS

### REDES FIJAS (Nacional y Autonómicas)

- **Medida de:**
  - Tasa de Dosis (RAR - Red de Protección Civil)
  - Algunas otras magnitudes (REVIRA – Red del CSN)
- **Distribuidas por:**
  - Territorio nacional
  - Zonas de CCNN (mayor densidad): Red PC en Ayuntamientos (Tasa de dosis)
- **Proporcionan información general, de poco detalle.**

---



MINISTERIO DEL INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE PROTECCIÓN CIVIL Y EMERGENCIAS



## VIGILANCIA TERRESTRE Y MARÍTIMA DE ZONAS

### UNIDADES MÓVILES TERRESTRES

- Medida de más magnitudes:
  - Tasa de dosis
  - Concentración ambiental (aire)
  - Concentración superficial (suelo)
  - Espectrometría gamma
  - Toma de muestras ambientales para laboratorio fijo
- Vehículos convencionales (furgonetas) o Todo-terrenos adaptados:
  - Sobrepresión
  - Equipamiento de purificación del aire y protección respiratoria
  - Compartimento de entrada/salida (zona de paso)



MINISTERIO DEL INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE PROTECCIÓN CIVIL Y EMERGENCIAS



## VIGILANCIA TERRESTRE Y MARÍTIMA DE ZONAS

### EQUIPAMIENTO UNIDADES MÓVILES TERRESTRES

- Monitores de radiación gamma y beta-gamma (radiómetros)
  - Geiger-Müller: baratos y robustos
  - Cámaras de ionización: más caros, mejores
- Espectrómetros gamma: Identificación de radionucleidos
  - Centelleo (Detector de Ina(Tl)):
    - elevada sensibilidad: detecta niveles bajos, tiempos de medida bajos
    - baja resolución energética: dificultad de identificación de radionucleidos
  - Semiconductor (Detector de GeHP):
    - menor sensibilidad: tiempos de medida mayores
    - elevada resolución energética: identificación de radionucleidos
- Captadores de aire de alto volumen
- Contenedores de muestras ambientales (suelo, alimentos, agua, etc.)
- Equipos de Comunicación (telefonía móvil, radio)
- Equipos de protección personal y dosímetros personales



MINISTERIO DEL INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE PROTECCIÓN CIVIL Y EMERGENCIAS



**VIGILANCIA TERRESTRE Y MARÍTIMA DE ZONAS**

**MAGNITUDES MEDIDAS (1/5)**

- Tasa de Dosis de radiación gamma y/o beta-gamma
- Contaminación Ambiental (con muestreo)
- Contaminación Superficial (con muestreo)
- Contaminación Ambiental In Situ (sin muestreo)
- Contaminación Superficial In Situ (sin muestreo)
- Medidas en Continuo

---



MINISTERIO DEL INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE PROTECCIÓN CIVIL Y EMERGENCIAS



**VIGILANCIA TERRESTRE Y MARÍTIMA DE ZONAS**

**MAGNITUDES MEDIDAS (2/5)**

- **Medida de Tasa de Dosis de radiación gamma y/o beta-gamma**
  - Parámetro fundamental a medir
  - Indica el riesgo radiológico por irradiación externa
  - Equipos de medida: radiómetros
  - Medida in situ
- **Medida de Contaminación Ambiental con muestreo**
  - Importante saber la concentración de yodo y partículas en aire
  - Indica el riesgo radiológico por irradiación interna
  - Toma de muestras con captadores de aire de alto volumen:
    - Radioyodos: cartucho de carbón activo
    - Partículas de polvo: filtro (acetato de celulosa, fibra de vidrio)
  - Análisis en unidad móvil o laboratorio fijo
  - Análisis:
    - Concentración isotópica de radionucleidos emisores gamma: Espectrómetro gamma (GeHP)
    - Concentración global de emisores beta: Contador beta (Geiger-Müller con ventana fina, etc.)

---

MINISTERIO DEL INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE PROTECCIÓN CIVIL Y EMERGENCIAS



**VIGILANCIA TERRESTRE Y MARÍTIMA DE ZONAS**

### MAGNITUDES MEDIDAS (3/5)

- **Medida de Contaminación Superficial**
  - Importante saber la concentración superficial de radionucleidos en el suelo
  - Indica el riesgo radiológico:
    - por irradiación externa inmediata
    - Por irradiación interna y externa a largo plazo.
  - Toma de muestras con plantillas:
    - Conocimiento de la superficie muestreada
    - Conocimiento de la profundidad muestreada
  - Análisis en unidad móvil o laboratorio fijo
  - Análisis:
    - Concentración isotópica de radionucleidos emisores gamma: Espectrómetro gamma (GeHP)



MINISTERIO DEL INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE PROTECCIÓN CIVIL Y EMERGENCIAS



**VIGILANCIA TERRESTRE Y MARÍTIMA DE ZONAS**

### MAGNITUDES MEDIDAS (4/5)

- **Medida de Contaminación In Situ**
  - Medida Directa, sin toma de muestra
  - Rapidez de medida (para concentraciones suficientemente altas)
  - Espectrometría gamma (GeHP)
  - Se evitan problema de la toma de muestras
  - Medida sencilla de realizar
  - Calibración del equipo
    - Contaminación ambiental: geometría nube semiinfinita
    - Contaminación superficial:
      - toma y medida de muestras de la zona
      - Geometría de plano infinito.





MINISTERIO DEL INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE PROTECCIÓN CIVIL Y EMERGENCIAS



## VIGILANCIA TERRESTRE Y MARÍTIMA DE ZONAS

### MAGNITUDES MEDIDAS (5/5)

- **Medida de Magnitudes In Situ en Continuo**
  - Medida con el vehículo en movimiento
  - Medida de:
    - Tasa de dosis
    - Contaminación Ambiental
    - Contaminación Superficial
  - Se debe ajustar velocidad a cantidad de material radiactivo
  - Sistema de posicionamiento geográfico (GPS)
  - Asocia resultados a posición geográfica
  - Análisis y transmisión automática de resultados.

---



MINISTERIO DEL INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE PROTECCIÓN CIVIL Y EMERGENCIAS



## VIGILANCIA TERRESTRE Y MARÍTIMA DE ZONAS

### VIGILANCIA MARÍTIMA

- **Aplicable a centrales:**
  - Situadas en la costa
  - Con gran masa de agua en su cercanía
- **Equipos de medida:**
  - Espectrómetro gamma (GeHP)
  - Adaptado a geometría de muestra de agua
- **Sistema de posicionamiento geográfico (GPS)**

---

MINISTERIO DEL INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE PROTECCIÓN CIVIL Y EMERGENCIAS



## VIGILANCIA CON EQUIPOS AEROTRANSPORTADOS

- Fase Inicial:
  - Permite caracterización del penacho
  - Riesgo elevado de contaminación e irradiación
- Fase Intermedia:
  - Permite caracterización del material radiactivo depositado
- Uso de detectores de Ina(Tl) de gran tamaño:
  - Gran sensibilidad: Permite hacer medidas a suficiente altitud para seguridad del vuelo
  - Dificultad de identificar radionucleidos
- Uso de detectores de GeHP:
  - Permite identificar radionucleidos (incluso en fase inicial)
- Permite rápida caracterización preliminar de grandes áreas
- Altitud habitual de vuelo: 50-100 metros
- Separación entre pasadas: 150-200 metros
- Requiere tiempos de medida muy cortos.
- Permite medida en continuo automatizada asociada a GPS

MINISTERIO DEL INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE PROTECCIÓN CIVIL Y EMERGENCIAS



## VIGILANCIA DE LAS PERSONAS QUE ABANDONAN LA ZONA AFECTADA (1/5)

- Se realizará en las Estaciones de Clasificación y Descontaminación (ECD)
- Se realizará en las siguientes circunstancias:
  - En caso de evacuación
  - A la salida de la zona afectada
  - Previa a llegada al Área Base de Recepción Social (ABRS)
  - Ordenada por la Dirección de la Emergencia



MINISTERIO DEL INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE PROTECCIÓN CIVIL Y EMERGENCIAS



CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR

## VIGILANCIA DE LAS PERSONAS QUE ABANDONAN LA ZONA AFECTADA (2/5)

**Vigilancia a Realizar**

- Identificar daños a la salud no radiológicos (traumatismos, etc.)
- Medida de contaminación superficial beta y gamma en la piel y la ropa.
  - A todas las personas evacuadas (si existe este riesgo por haber emisión)
  - Equipos portátiles de medida de contaminación superficial (cotaminómetros)
- Medida de contaminación interna del tiroides por radioyodos
  - Seguimiento preferente a los niños
  - Equipos portátiles de medida de radiación (radiómetros)
  - calibrados especialmente para esta medida
  - Sensibilidad para la detección de 1 kBq de I-131
  - En los PEN de las CCNN españolas no se prevé realizar estas medidas específicamente
- Medida de contaminación interna en general
  - Unidades móviles de contadores de radiactividad corporal
  - Permite determinar concentraciones de distintos radionucleidos en distintas partes del cuerpo
  - Equipo caro y con personal especializado

---



MINISTERIO DEL INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE PROTECCIÓN CIVIL Y EMERGENCIAS



CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR

## VIGILANCIA DE LAS PERSONAS QUE ABANDONAN LA ZONA AFECTADA (3/5)

- **Método de Actuación Radiológica**
  - Clasificación inicial de las personas
    - En función del nivel de contaminación
    - Medidas rápidas que permitan una clasificación lo más inmediata posible
    - Realizada por el Grupo Radiológico
  - Caracterización detallada de la contaminación
    - Medida detallada de la distribución de la contaminación en piel y ropa
    - Realizada por el Grupo Radiológico
  - Descontaminación
    - Uso de medios generales (lavados y duchas) y específicos de descontaminación
    - Realizada por el Grupo Sanitario
  - Verificación de la eficacia de la descontaminación
    - Medida detallada de contaminación
    - Realizada por el Grupo Radiológico

---



MINISTERIO  
DEL  
INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE  
PROTECCIÓN CIVIL Y  
EMERGENCIAS



CSN



CONSEJO DE  
SEGURIDAD NUCLEAR

## VIGILANCIA DE LAS PERSONAS QUE ABANDONAN LA ZONA AFECTADA (4/5)

### Criterios de Clasificación

- El tratamiento de daños convencionales a la salud (traumático-quirúrgico, etc.) es prioritario respecto a riesgos radiológicos no deterministas
- Criterio fundamental: probabilidad de sobrevivir si la persona es tratada
- Nivel de decisión de la consideración de contaminado se adoptará en función de:
  - Número de personas a clasificar
  - Medios humanos y materiales para clasificar



MINISTERIO  
DEL  
INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE  
PROTECCIÓN CIVIL Y  
EMERGENCIAS



CSN



CONSEJO DE  
SEGURIDAD NUCLEAR

## VIGILANCIA DE LAS PERSONAS QUE ABANDONAN LA ZONA AFECTADA (5/5)

### Protección de Actuantes

- Equipos de protección individual (vestuario)
- Dosímetros personales
- Vigilancia de niveles de radiación
- Vigilancia de los niveles de contaminación



MINISTERIO  
DEL  
INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE  
PROTECCIÓN CIVIL Y  
EMERGENCIAS



CSN

CONSEJO DE  
SEGURIDAD NUCLEAR

## DETERMINACIÓN DE LA DEPOSICIÓN EN EL SUELO MEDIANTE MUESTREO (1/2)

### Metodología

- Establecimiento de una red de muestreo lo más tupida posible
- Muestreo de suelo con la mayor frecuencia posible
- Muestreo de aire con la misma frecuencia que el de suelo
- Muestras deben tener la profundidad suficiente (distinta según la fase)
- Se puede complementar con muestreo de:
  - vegetación (deposición directa y adsorción por raíces)
  - Depósito húmedo (agua de lluvia).
- Permite determinar:
  - Contaminación actual
  - Velocidad de Deposición o Resuspensión

### Resuspensión

- Influye en la redistribución de la contaminación
- Disminuye rápidamente
- Depende de la proporción de suelo descubierto (contaminación desprendible)



MINISTERIO  
DEL  
INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE  
PROTECCIÓN CIVIL Y  
EMERGENCIAS



CSN

CONSEJO DE  
SEGURIDAD NUCLEAR

## DETERMINACIÓN DE LA DEPOSICIÓN EN EL SUELO MEDIANTE MUESTREO (2/2)

### Elección Puntos de Muestreo

- Representativos de la zona
- Evitar laderas y zonas de escorrentía
- Evitar zonas de acumulación de agua
- No apantallados por estructuras, árboles, etc.

### Muestreo en Fase Inicial

- Muestreo conjunto de vegetación superficial y pocos centímetros de suelo

### Muestreo en Fase Posterior

- Muestreo separado de vegetación y suelo
- Profundidad del suelo mayor a fase inicial
- Muestreo del suelo por capas.

MINISTERIO DEL INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE PROTECCIÓN CIVIL Y EMERGENCIAS



## MÓDULO 12: TÉCNICAS DE RESPUESTA EN EMERGENCIAS

### 12.3 CONFINAMIENTO Y EVACUACIÓN DE LA POBLACIÓN

- **Alerta e Información**
- **Confinamiento**
- **Evacuación**
- **Atención a evacuados**

MINISTERIO DEL INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE PROTECCIÓN CIVIL Y EMERGENCIAS



### PROCEDIMIENTO DE ALERTA E INFORMACIÓN A LA POBLACIÓN (1/2)

El Director del Plan de Emergencia Exterior tiene la autoridad para:

- Declarar la Situación de Emergencia
- Ordenar la alerta general de la población
- Determinar las instrucciones a dar a la población

Medios de alerta e información:

- equipos de megafonía de poblaciones cercanas a las centrales nucleares
- Sirenas y equipos móviles de alerta
- Medios de comunicación generales: emisoras de radio y televisión

Contenido de la información:

- La establecida en los PEN
- La que determine la Dirección del Plan a través del Gabinete de Información



MINISTERIO DEL INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE PROTECCIÓN CIVIL Y EMERGENCIAS



CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR

## PROCEDIMIENTO DE ALERTA E INFORMACIÓN A LA POBLACIÓN (2/2)

**Etapas de información a la población:**

1. información preventiva, sobre:
  - Riesgos
  - Procedimientos de alarma
  - Medidas de autoprotección
2. información a suministrar durante el incidente tras activarse las alarmas, sobre:
  - Situación de emergencia
  - Medidas de Protección a adoptar
3. información a proporcionar después del incidente sobre:
  - Nivel de contaminación
  - Retorno de población evacuada

**Control de Accesos:**

- Información a población que intenta acceder a zona afectada
- Limitación del acceso a la zona afectada



MINISTERIO DEL INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE PROTECCIÓN CIVIL Y EMERGENCIAS



CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR

## CONFINAMIENTO EN CASAS Y OTROS EDIFICIOS (1/6)

**Concepto**

- Aviso a la población
- Refugio bajo techo
- Aplicación de medias de protección respiratoria
- Escuchar directrices las emisoras locales de radio o televisión

**Efectividad de Medida depende de:**

- Tipo de edificio
- Medidas de confinamiento que se tomen en su interior

**Reducción de dosis:**

- Irradiación externa (blindaje del edificio)
- Irradiación interna por inhalación (hermeticidad del edificio – intercambio de aire con exterior)

**Planificación:**

- Características de los edificios: estimación de dosis evitables
- Censo de edificios no particulares: identificación de edificios con buena capacidad de confinamiento



MINISTERIO DEL INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE PROTECCIÓN CIVIL Y EMERGENCIAS



CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR

**CONFINAMIENTO EN CASAS Y OTROS EDIFICIOS (2/6)**

**Reducción de la Dosis por Irradiación Externa**

**Efectividad:**

- Materiales del Edificio
- Altura sobre el nivel del suelo
- Profundidad sobre el nivel del suelo
- **Factor de Blindaje:** relación entre la tasa de dosis al aire libre a un metro sobre el nivel del suelo y la tasa de dosis en el interior del refugio ( $FB \geq 1$ )
- **Factor de Reducción:** inversa del factor de blindaje ( $FR \leq 1$ )
- **Bondad de edificio** como refugio:
  - FB alto
  - FR bajo



MINISTERIO DEL INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE PROTECCIÓN CIVIL Y EMERGENCIAS



CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR

**CONFINAMIENTO EN CASAS Y OTROS EDIFICIOS (3/6)**

**Factor de Reducción de la Dosis por Irradiación Externa**

REFUGIO	FACTOR DE REDUCCIÓN	
	Dosis procedente del penacho	Dosis procedente de la deposición
Coches	1	0.4-0.7
Casas de madera de una o dos plantas, sin sótano	0.9	0.2-0.5
Sótanos de casas de madera	0.1-0.7	
Casas de ladrillo de una o dos plantas, sin sótano	0.4-0.7	0.04-0.4
Sótanos de casas de ladrillo	0.1-0.5	
Grandes edificios de oficinas o industriales	0.1-0.3	
Casas de tres o cuatro pisos y primera o segunda planta de sótanos		0.01-0.08 0.001-0.07
Plantas superiores y sótanos de edificios de muchas		0.001-0.02 0.001-0.015
Bunkers o centros de protección civil (con blindaje de hormigón o roca)	0.003	0.001

El suelo normal proporciona un factor de reducción para dosis por deposición de 0.7 en relación a un plano infinito



MINISTERIO  
DEL  
INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE  
PROTECCIÓN CIVIL Y  
EMERGENCIAS



CSN



CONSEJO DE  
SEGURIDAD NUCLEAR

## CONFINAMIENTO EN CASAS Y OTROS EDIFICIOS (4/6)

### Reducción de la Dosis por Inhalación

#### Efectividad:

- Cierre de puertas y ventanas y entrada de chimeneas
- Desconexión de sistemas de ventilación
- Desconexión de sistemas de aire acondicionado
- **Factor de Filtro**
  - fracción de aerosoles retenidos antes de entrar en edificio ( $FB \leq 1$ )
- **Tasa de Renovación de aire**
  - Nº de renovaciones / hora
  - Magnitud más influyente
- **Bondad de edificio como refugio:**
  - FF bajo
  - TR bajo



MINISTERIO  
DEL  
INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE  
PROTECCIÓN CIVIL Y  
EMERGENCIAS



CSN



CONSEJO DE  
SEGURIDAD NUCLEAR

## CONFINAMIENTO EN CASAS Y OTROS EDIFICIOS (5/6)

### Factor de Reducción de la Dosis por Inhalación

Tiempo de paso del penacho	Tasa de ventilación (renovaciones por hora)	Factor de reducción
3 h	0.1	0.15
3 h	0.3	0.45
3 h	1.0	0.75
6 h	0.1	0.25
6 h	0.3	0.6
6 h	1.0	0.85



MINISTERIO  
DEL  
INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE  
PROTECCIÓN CIVIL Y  
EMERGENCIAS



CSN CONSEJO DE  
SEGURIDAD NUCLEAR

## CONFINAMIENTO EN CASAS Y OTROS EDIFICIOS (6/6)

### Riesgos No Radiológicos asociados al Confinamiento

- Inicialmente: **Insignificantes**
  - Confinamiento en lugar actual, sin desplazamiento
- Más de 12 horas: Riesgos apreciables
  - Problemas sociales
  - Problemas médicos
  - Problemas de higiene
- Confinamiento de larga duración:
  - Recomendable evacuación
  - Con o sin confinamiento inicial

### Finalización del Confinamiento

- Habitualmente tras paso del penacho
- Exhaustiva ventilación de los edificios

---



MINISTERIO  
DEL  
INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE  
PROTECCIÓN CIVIL Y  
EMERGENCIAS



CSN CONSEJO DE  
SEGURIDAD NUCLEAR

## EVACUACIÓN DE LA POBLACIÓN (1/4)

### **Concepto**

- Aviso a la población
- Recogida en puntos planificados
- Traslado por ruta seleccionada entre las planificadas
- Paso por E.C.D. en caso de riesgo de contaminación (emisión iniciada)
- Alojamiento y atención en A.B.R.S.

### **Reducción de dosis:**

- Irradiación externa
- Irradiación interna por inhalación

### **Planificación:**

- Población potencialmente afectada
- Puntos de Recogida (preferible en centros con capacidad de alojamiento)
- Áreas Base de Recepción Social (A.B.R.S.)
- Estaciones de Clasificación y Descontaminación (E.C.D.)
- Rutas de Traslado
- Vehículos de transporte

---



MINISTERIO DEL INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE PROTECCIÓN CIVIL Y EMERGENCIAS



## EVACUACIÓN DE LA POBLACIÓN (2/4)

**Efectividad** de Medida depende de:

- Momento de la realización:
  - Preventiva: antes de llegada de penacho
  - Durante emisión: puede esta contraindicada
- Preparación previa:
  - Se necesita mucho tiempo de preparación (avisos, vehículos, etc.)
  - Se debe prever e iniciar preparación con antelación

**Costes económicos:**

- Elevados (miles de personas)
- Transporte, alojamiento, alimentación, higiene, atención sanitaria, etc.

---



MINISTERIO DEL INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE PROTECCIÓN CIVIL Y EMERGENCIAS



## EVACUACIÓN DE LA POBLACIÓN (3/4)

**Información para la Toma de Decisión**

- La población estimada de la zona
  - Horas laborables y no laborables
  - En domicilios, lugares de trabajo, hospitales, escuelas, etc.
- Población de riesgo
  - Ancianos desasistidos y minusválidos
  - Niños
- Estimación población que se autoevacuará
- Capacidad de transporte disponible
- Posibles A.B.R.S. y E.C.D.
- Rutas de Evacuación (evitar zonas afectadas)
- Horarios para garantizar un flujo sin restricciones de la evacuación

**Contenido de la Orden de Evacuación**

- Área exacta a evacuar
- Momento de evacuación
- Medios de transporte a utilizar
- Puntos de recogida
- Destinos de acogida (A.B.R.S. y E.C.D.)
- Ruta/s de evacuación

---



MINISTERIO DEL INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE PROTECCIÓN CIVIL Y EMERGENCIAS



CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR

## EVACUACIÓN DE LA POBLACIÓN (4/4)

**Desarrollo de la Evacuación**

- Se prevé Evacuación de zonas poco extensas y poco poblada:
  - zona IA: radio 3 km
  - Sector preferente de zona IB: radio 5 km, sector 67,5º
- Se puede realizar de forma conjunta con evacuación de la central
- Riesgo de Evacuación Espontánea con medios propios
- Grupo de Apoyo Logístico aporta los vehículos
- Medios deben ser suficientes considerando ausencia de evacuación espontánea
- Atención especial a grupos especiales (ancianos e inválidos y niños)

**Riesgos no Radiológicos asociados a la Evacuación**

- Si está bien planificada y ejecutada: Riesgo relativamente bajo
- En la práctica:
  - Riesgos de entidad
  - Riesgos mayores en caso de Evacuación espontánea significativa
  - Riesgo de evacuación de escuelas por padres
  - Problemas de cuidado del ganado

---



MINISTERIO DEL INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE PROTECCIÓN CIVIL Y EMERGENCIAS



CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR

## ATENCIÓN A LOS EVACUADOS

**Instalaciones**

- E.C.D.:
  - Reducir riesgos en evacuados
    - Control de los niveles de contaminación de los evacuados
  - Reducir riesgos en población de acogida
    - control de la dispersión de la contaminación por los evacuados
  - Tipos:
    - E.C.D. fija: ubicación planificada
    - E.C.D. móvil: ubicación no planificada
  - Situación:
    - cercanías del emplazamiento
    - Fuera de zona afectada
    - España:: distancia aproximada de 30 km a la central
  - Medios para:
    - identificar personas que requieren atención sanitaria / radiológica
    - Proporcionar atención sanitaria /radiológica requerida
- A.B.R.S.
  - Medios de realojo
  - Suministro de alimentos y bebida
  - Servicios sanitarios

---



MINISTERIO DEL INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE PROTECCIÓN CIVIL Y EMERGENCIAS



CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR

---

## MÓDULO 12: TÉCNICAS DE RESPUESTA ANTE EMERGENCIAS

# 12.4

## PROFILÁXIS RADIOLÓGICA, CONTROL DE ALIMENTOS Y AGUA

- Riesgo por radioyodos y profilaxis
- Disponibilidad de yodo estable
- Instrucciones y dosis por grupos de población
- Riesgos y medidas de protección por alimentos y agua de bebida contaminados

---



MINISTERIO DEL INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE PROTECCIÓN CIVIL Y EMERGENCIAS



CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR

### RIESGO POR IODO RADIOACTIVO (1/2)

- Emisión potencial al medio de **grandes cantidades** de radioyodos
- Exposición potencial por **deposición**
- Exposición potencial a **largas distancias** (cientos de km)
- Exposición **muy localizada** en la glándula tiroides
- Exposición **inicial por inhalación**: menos de 12 horas
- Exposición por **ingestión de alimentos y agua contaminados**
  - Varía semanas
  - Principalmente por **leche** y **vegetales** frescos
- **Isótopos**
  - **I-131** ( $T_{1/2}=8$  días): isótopo más importante
  - Resto: poco relevantes ( $T_{1/2}$  muy pequeñas)

---



MINISTERIO  
DEL  
INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE  
PROTECCIÓN CIVIL Y  
EMERGENCIAS



CSN

CONSEJO DE  
SEGURIDAD NUCLEAR

## RIESGO POR IODO RADIOACTIVO (2/2)

- Absorción en la **glándula tiroidea**
- **Absorción rápida:** 12 horas siguientes de la ingesta
- Glándula tiroidea: **órgano más expuesto** a radiación en caso de deposición
- **Riesgos**
  - **Cáncer de tiroides** (estocástico)
  - Insuficiencia tiroidea (determinista)
- Riesgo de cáncer de tiroides depende en gran medida de la **edad del individuo** en el momento de la exposición
- **Niños pequeños:** máximo riesgo
- Adultos: riesgo mínimo o ausencia de riesgo (> 40 años)
- **Riesgo a grandes distancias** en caso de accidente grave (Chernobil)
- Riesgo mayor en poblaciones con **carencias de yodo**



MINISTERIO  
DEL  
INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE  
PROTECCIÓN CIVIL Y  
EMERGENCIAS



CSN

CONSEJO DE  
SEGURIDAD NUCLEAR

## PROFILÁXIS RADIOLÓGICA (1/2)

### Concepto

- **Administración** de yodo estable
- **Saturación** de la glándula tiroides con yodo estable
- **Incapacidad de absorber** yodo radiactivo
- Eliminación de yodo radiactivo incorporado a través de **orina**

### Protección

- **Completa:** Administración antes o inmediatamente después de incorporación de yodo radioactivo
- **50%:** retraso de 5 horas
- **Ninguna:** retraso de 12 horas o más (excepto en casos de exposición prolongada)
- Dosis de yodo estable: bloquea durante **24 horas**



MINISTERIO  
DEL  
INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE  
PROTECCIÓN CIVIL Y  
EMERGENCIAS



CSN



CONSEJO DE  
SEGURIDAD NUCLEAR

## PROFILÁXIS RADIOLÓGICA (2/2)

### Administración

- **Dosis única**
  - Protección frente a **inhalación** durante paso del penacho
  - Administración **inmediata**
  - Decisión incluso anterior a realizar cálculos de dosis fiables
  - Efectos secundarios irrelevantes (excepto alergias conocidas)
- **Dosis Diarias**
  - Protección frente a **ingestión** de alimentos y agua
  - Administración **no urgente**
  - Mayor **riesgo de efectos secundarios**
- Yoduro Potásico (KI) o Yodato Potásico (KIO<sub>3</sub>)
- Tabletas o líquido
- Tabletas de KI:
  - Lo más utilizado
  - Fáciles de almacenar y administrar
  - Menos irritantes para el estómago
  - Caducidad superior a 5 años
  - Administración triturada y disuelta para lactantes y niños pequeños



MINISTERIO  
DEL  
INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE  
PROTECCIÓN CIVIL Y  
EMERGENCIAS



CSN



CONSEJO DE  
SEGURIDAD NUCLEAR

## DISPONIBILIDAD DE YODO ESTABLE (1/2)

- **Entrega de dosis** a la población: preferiblemente **preventiva**
- **Disponibilidad Crítica** para poder administrar inmediatamente
- Interesante incluso la **predistribución** en zonas cercanas a la central
- **Almacenamiento recomendado:**
  - **lugares estratégicos:** escuelas, guarderías, hospitales, farmacias, cuarteles de fuerzas de orden público, parques de bomberos, centros de protección civil
  - Recomendable existencia de **redundancia** para cada zona
- **Almacenamiento** en Planes de Emergencia Exterior **Españoles:**
  - Ubicaciones en las que está previsto que presten servicio o transiten los **actuales**
  - Organizaciones **municipales** (PAMEN)
  - **Grupo Sanitario**



MINISTERIO DEL INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE PROTECCIÓN CIVIL Y EMERGENCIAS



## DISPONIBILIDAD DE IODO ESTABLE (2/2)

### Instrucciones de Administración

- Entregar o comunicar **instrucciones** junto con comprimidos
- Alertar sobre **contraindicaciones**:
  - Alergia al yodo
  - Enfermedades de tiroides, actuales o pasadas
- Ingestión de **monodosis**
- Ingestión en el momento en que se indique **oficialmente**

### Responsabilidad de la administración:

- Grupo **Sanitario**
- Apoyo de organizaciones municipales (PMEN)
- **Médicos locales**: no deben intervenir en decisión de administrar

### Información a la población

- Información de ausencia de emisión de radioyodos: **no tomar** yodo estable
- Comunicación de necesidad de **tomar** yodo estable
- Uso de medios de comunicación locales

---



MINISTERIO DEL INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE PROTECCIÓN CIVIL Y EMERGENCIAS



## INSTRUCCIONES PARA LOS DIFERENTES GRUPOS DE POBLACIÓN (1/3)

### NEONATOS

- **Grupo Crítico**:
  - Riesgos de la exposición
  - Efectos secundarios del yodo estable
- Administración **inmediata** a todos los recién nacidos en caso de indicación
- Únicamente **monodosis**: riesgo de bloqueo de la función tiroidea
- Seguimiento posterior de función tiroidea: riesgo efectos secundarios

### LACTANTES, NIÑOS Y ADOLESCENTES

- Grupos de **alto riesgo** de **exposición**
- Grupos de **bajo riesgo** de **efectos secundarios**
- Administración **inmediata** a todos los **niños** en caso de indicación
- Administración de **dosis diarias** en caso de necesidad:
  - Indicada en general
  - Contraindicada en caso de reacciones a la piel

---



MINISTERIO DEL INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE PROTECCIÓN CIVIL Y EMERGENCIAS



CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR

## INSTRUCCIONES PARA LOS DIFERENTES GRUPOS DE POBLACIÓN (2/3)

### MUJERES EMBARAZADAS

- **Protección de:**
  - Mujer
  - **Feto** en última fase de embarazo
- Únicamente **monodosis**: riesgo de bloqueo de la función tiroidea del feto

### MUJERES LACTANTES

- **Protección de:**
  - Mujer
  - **Lactante**
- Únicamente **monodosis**: riesgo de bloqueo de la función tiroidea del lactante





MINISTERIO DEL INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE PROTECCIÓN CIVIL Y EMERGENCIAS



CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR

## INSTRUCCIONES PARA LOS DIFERENTES GRUPOS DE POBLACIÓN (3/3)

### ADULTOS MENORES DE 40 AÑOS

- Grupo de **bajo riesgo** de **exposición**
- Grupo de **bajo riesgo** de **efectos secundarios**
- Nivel de intervención superior a niños
- Únicamente **monodosis**: riesgo de **inhalación**
- Deben considerarse **contraindicaciones**
- Probablemente contraindicado en **zonas alejadas**

### ADULTOS MAYORES DE 40 AÑOS

- Grupo de **riesgo prácticamente nulo**
- Grupo de **riesgo apreciable** de **efectos secundarios** (aumenta con la edad)
- Administración de yodo estable:
  - **Contraindicada** en general
  - Indicada en las cercanías del lugar del accidente (**protección de efectos deterministas**)





MINISTERIO DEL INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE PROTECCIÓN CIVIL Y EMERGENCIAS



## DOSIS DE IODO ESTABLE

Grupo de edad	Masa equivalente de yodo (mg)	Masa de KI (KIO <sub>3</sub> ) (mg)	Dosis de tableta(*)
Adultos y adolescentes (mas de 12 años)	100	130 (170)	1/1
Niños (3-12 años)	50	65 (85)	1/2
Infantes (1 mes - 2 años)	25	32 (42)	1/4
Neonatos (hasta 1 mes)	12.5	16 (21)	(1/8)

(\*) Considerando comprimidos de 100 mg de yodo



MINISTERIO DEL INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE PROTECCIÓN CIVIL Y EMERGENCIAS



## RIESGO POR OTROS RADIOISÓTOPOS EN ALIMENTOS Y AGUA POTABLE (1/2)

**TRANSMISIÓN DE RADIOISÓTOPOS POR LA CADENA TRÓFICA**

- **Plantas** pueden incorporar:
  - Deposición directa
  - Absorción por la raíz desde el suelo
- **Animales terrestres** pueden incorporar:
  - Ingestión de alimentos y suelo
  - Ingestión de agua
- **Peces** y otros **Organismos acuáticos** pueden incorporar:
  - Absorción desde el agua
  - Ingestión de agua o alimentos

**VALORES MÁXIMOS DE CONTAMINACIÓN**

- **Hortalizas:** casi inmediatamente
- **Cultivos de hoja no ancha** (incorporación por la raíz): si cosecha es un mes después de contaminación
- **Leche** de animales que pasten: a los pocos días
- **Carne:** alas pocas semanas
- **Peces y alimentos acuáticos:** a las pocas semanas. No significativo en el mar



MINISTERIO  
DEL  
INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE  
PROTECCIÓN CIVIL Y  
EMERGENCIAS



CSN

CONSEJO DE  
SEGURIDAD NUCLEAR

## RIESGO POR OTROS RADIOISÓTOPOS EN ALIMENTOS Y AGUA POTABLE (2/2)

### NIVEL DE INTERVENCIÓN SOBRE ALIMENTOS (ICRP)

- Reducción de dosis individual > 10 mSv/año
- Concentración de Cs-137 y I-131 = 1000 – 10000 Bq/kg
- Asegurando alimento sustitutivo nutricionalmente semejante

### NIVELES DE INTERVENCIÓN DE LA UNIÓN EUROPEA

Isótopos	Niveles de intervención, Bq/kg				
	Alimentos para bebés	Productos lácteos	Alimentos menores	Otros alimentos	Alimentos líquidos
Estroncio (Sr-90)	75	125	7 500	750	125
Iodo (I-131)	150	500	20 000	2 000	500
Emisores alfa (Pu)	1	20	800	80	20
Cesio y otros nucleidos (Cs-137)	400	1 000	12 500	1 250	1 000

ALIMENTOS DESTINADOS A ANIMALES	Niveles de intervención, Bq/KG
Cerdos	1 250
Aves de corral, terneros y corderos	2 500
Otros	5 000



MINISTERIO  
DEL  
INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE  
PROTECCIÓN CIVIL Y  
EMERGENCIAS



CSN

CONSEJO DE  
SEGURIDAD NUCLEAR

## CONTRAMEDIDAS REFERENTES A PRODUCTOS ALIMENTARIOS Y AGRÍCOLAS

- Prohibición de producción y consumo
- Descontaminación del suelo
- Enterrado del suelo superficial



MINISTERIO  
DEL  
INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE  
PROTECCIÓN CIVIL Y  
EMERGENCIAS



CONSEJO DE  
SEGURIDAD NUCLEAR

---

## MÓDULO 12: TÉCNICAS DE RESPUESTA ANTE EMERGENCIAS

12.5

DESCONTAMINACIÓN Y ELIMINACIÓN  
DE RESIDUOS

- **Introducción**
- **Criterios de Selección de Métodos de Descontaminación**
- **Descontaminación de Áreas Urbanas**
- **Descontaminación de Zonas Rurales**
- **Transporte y Eliminación de Residuos**

---



MINISTERIO  
DEL  
INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE  
PROTECCIÓN CIVIL Y  
EMERGENCIAS



CONSEJO DE  
SEGURIDAD NUCLEAR

INTRODUCCIÓN

- **Fases temporales** en planificación de emergencias:
  - **Fase de emergencia:** Adopción de medidas urgentes
  - **Fase de recuperación:**
    - Rehabilitación de la zona a condiciones normales
    - Requiere **Descontaminación**
- **Accidentes Graves:**
  - **Contaminación** de miles de kilómetros cuadrados
  - Actividad inicial superior a 10 MBq/m<sup>2</sup>
  - Tipos de accidentes:
    - Fusión de núcleo y/o explosión o incendio en central nuclear
    - Explosión o incendio en almacén de residuos de alta o planta de reproceso
    - Accidente con armas nucleares
- **Riesgos a la población a largo plazo:**
  - Irradiación externa por suelo y superficies contaminadas
  - Irradiación interna por
    - Inhalación de material resuspendido
    - Ingestión de alimentos contaminados directa o indirectamente

---



MINISTERIO DEL INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE PROTECCIÓN CIVIL Y EMERGENCIAS



## INTRODUCCIÓN

**Técnicas de limpieza**

- **Descontaminación:** retirada del material radiactivo
- **Estabilización o fijación:** inmovilización del material radiactivo
- **Aislamiento:** cubrimiento del material radiactivo
- Adicionalmente: **Transporte** y **Eliminación** de los residuos resultantes

**Crterios decisión de descontaminación de zonas extensas:**

- **Coste:** muy elevado
- Evaluación de **reducción de dosis** colectiva
- Evaluación de **costes** no monetarios (riesgos no radiológicos, etc.)
- Optimización de la descontaminación (**ALARA**)
- **Planificación**
  - Preliminar: antes de producirse la contaminación
  - Detallada: tras iniciarse el accidente
- **Caracterización detallada** de la contaminación y usos de la tierra

---



MINISTERIO DEL INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE PROTECCIÓN CIVIL Y EMERGENCIAS



## CRITERIOS DESELECCIÓN DE LOS MÉTODOS DE DESCONTAMINACIÓN (1/3)

**Eficacia de Técnica**

- Se deben valorar por la reducción de dosis que producen
- Se valoran también por la reducción del material radiactivo

Factor de Descontaminación:

- Relación entre actividad inicial y final
- Indica eficacia de la descontaminación
- No indica la reducción de dosis que produce la descontaminación

**Consideraciones de Selección Relativas a la Contaminación**

- Nivel de contaminación
- Tipo de depósito ( húmedo o seco)
- Características físico-químicas del material depositado
- Tipo de material y superficie contaminados
- Factor de descontaminación requerido
- Eficiencia de cada proceso de descontaminación

---



MINISTERIO  
DEL  
INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE  
PROTECCIÓN CIVIL Y  
EMERGENCIAS



CSN



CONSEJO DE  
SEGURIDAD NUCLEAR

## CRITERIOS DESELECCIÓN DE LOS MÉTODOS DE DESCONTAMINACIÓN (2/3)

### Otras Consideraciones en la Selección del Método y el Equipo de Descontaminación

- Disponibilidad, coste y complejidad de los equipos necesarios
- Necesidad de acondicionar los residuos secundarios generados
- Dosis a los trabajadores expuestos por la descontaminación
- Dosis al público en general por la descontaminación
- Otros problemas de seguridad, medioambientales y sociales
- Disponibilidad de personal



MINISTERIO  
DEL  
INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE  
PROTECCIÓN CIVIL Y  
EMERGENCIAS



CSN

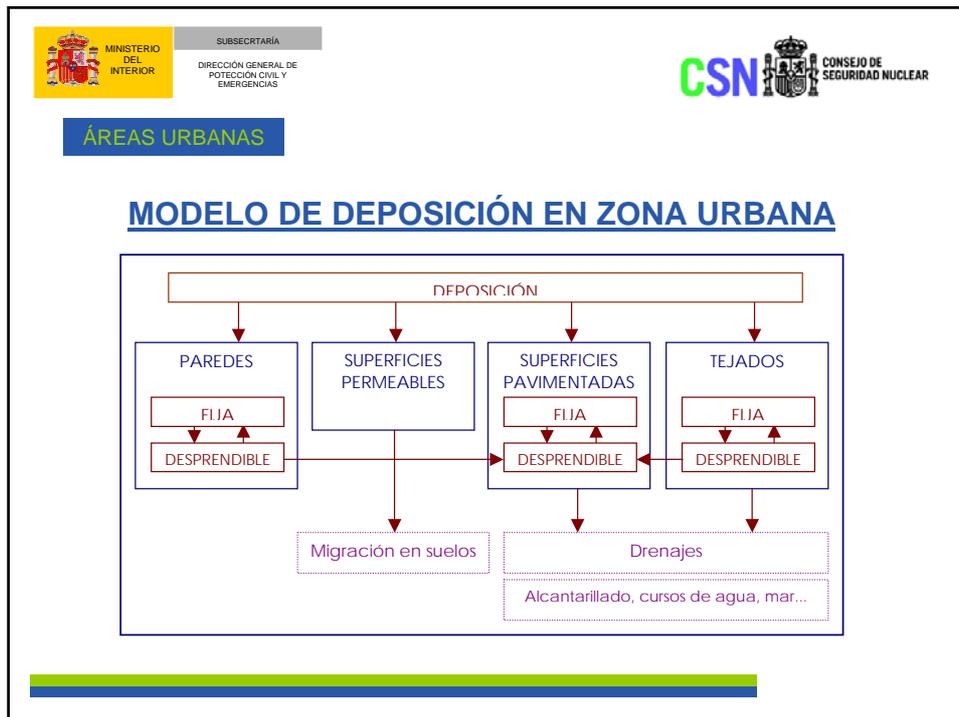


CONSEJO DE  
SEGURIDAD NUCLEAR

## CRITERIOS DESELECCIÓN DE LOS MÉTODOS DE DESCONTAMINACIÓN (3/3)

### Posibles Objetivos de Descontaminación

- Reducción a un cierto nivel la dosis externa media a los miembros de público
- Reducción hasta un nivel la contaminación de los productos agrícolas
- Obtención de un cierto factor de descontaminación para una superficie especial
- Aplicación de procedimientos de recuperación tales que el coste por cada Sievert-persona evitado no exceda una cierta cantidad de dinero
- Inversión de una suma fija de dinero en la descontaminación de una determinada área y conseguir la máxima reducción posible en Sievert-persona para esa suma de dinero



- MINISTERIO DEL INTERIOR SUBSECRETARÍA DIRECCIÓN GENERAL DE PROTECCIÓN CIVIL Y EMERGENCIAS
- CSN CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR
- ÁREAS URBANAS**
- MECANISMOS DE DEPOSICIÓN**
- Deposición **seca**: en ausencia de precipitaciones
  - Deposición **húmeda**: en presencia de precipitaciones
  - Distribución de depósito:
    - Depende del mecanismo de deposición
- DEPOSICIÓN SECA**
- Áreas más afectadas: **zonas ajardinadas y arboladas**
  - Superficies rugosas permeables (**césped**):
    - Gran eficacia de retención
    - 10 veces superior a la depositada sobre superficies lisas impermeables (asfalto, hormigón)
  - **Árboles**:
    - Gran eficacia de captura de partículas
    - Aumenta significativamente el total de deposición en zonas urbanas
  - **Paredes**:
    - Interceptan poca deposición por unidad de superficie
  - **Zonas pavimentadas**:
    - Interceptan algo más que las paredes
    - Importantes en zonas de alta densidad de población
  - **Tejados**:
    - Retención 10 veces superior a las zonas pavimentadas horizontales
    - Importantes en zonas de casas bajas



MINISTERIO  
DEL  
INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE  
PROTECCIÓN CIVIL Y  
EMERGENCIAS



CSN



CONSEJO DE  
SEGURIDAD NUCLEAR

## ÁREAS URBANAS

### DEPOSICIÓN HÚMEDA

- Incluye **gases** (disueltos) y partículas arrastrados por la precipitación
- **Coefficiente de lavado:**
  - Modeliza la tasa de deposición
  - Describe el arrastre por la lluvia de los gases y partículas de una nube radiactiva
  - Depende principalmente de la distribución de tamaño de:
    - Aerosoles
    - Gotas de agua
- Intensidad de la lluvia
  - **Lluvia intensa:** favorece escorrentía, arrastre y eliminación de contaminantes
  - **Lluvia fina:** Favorece la retención de contaminantes en las superficies
- Contribución máxima a la dosis: **jardines y calles**
- **Paredes:** deposición depende de intensidad y dirección del viento
- **Árboles:** su presencia no aumenta la deposición húmeda por unidad de superficie



MINISTERIO  
DEL  
INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE  
PROTECCIÓN CIVIL Y  
EMERGENCIAS



CSN



CONSEJO DE  
SEGURIDAD NUCLEAR

## ÁREAS URBANAS

### Velocidades de deposición estimadas para superficies urbanas (relativas a la correspondiente en hierba)

Superficie	Deposición seca	Deposición húmeda
Hierba	1	1
Superficies de suelo impermeable, arenoso y duro	0.16	0.4
Tejados	0.65	0.6
Paredes	0.023	0.02
Árboles	1.63	1

MINISTERIO DEL INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE PROTECCIÓN CIVIL Y EMERGENCIAS



## ÁREAS URBANAS

### RESUSPENSIÓN, ARRASTRE E INFILTRACIÓN

- Influidos por distintos tipos de fenómenos
- Fenómenos **meteorológicos**:
  - Lluvia
  - Viento
  - Heladas
- Actividades **humanas**:
  - Limpieza viaria
  - Tráfico rodado

Ejemplo:  
Lluvia de 3 mm en zona pavimentada arrastra el 100% de la contaminación

---

MINISTERIO DEL INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE PROTECCIÓN CIVIL Y EMERGENCIAS



## ÁREAS URBANAS. METODOS DE DESCONTAMINACIÓN

### SISTEMAS SENCILLOS (1/2)

- Relativamente eficaces
- Fáciles de realizar
- Factibles a pequeña y gran escala
- Bajo costo

- **Barrido y barrido con aspiración**
  - Técnicas normales de limpieza de calles
  - Eficaz para superficies con alta carga de polvo
  - Ineficaz para superficies con baja carga de polvo
  - Eficiencia depende en gran medida:
    - tamaño de partículas
    - naturaleza de la superficie
    - tiempo transcurrido antes de que se apliquen técnica
- **Manguedo**
  - Eficaz para deposición seca
  - Eficaz si se realiza poco después de la deposición
  - Desventaja de que no se recupera material radiactivo sino que se traslada

---

MINISTERIO DEL INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE PROTECCIÓN CIVIL Y EMERGENCIAS



**ÁREAS URBANAS. METODOS DE DESCONTAMINACIÓN**

## SISTEMAS SENCILLOS (2/2)

- **Cortado de césped**
  - Eficaz en los primeros días tras deposición
  - Transporte de partículas de hierba a suelo se estima en 7-18 días
  - Uso de cortadora con recogida de hierba cortada
  
- **Excavación**
  - Eficaz en zonas ajardinadas
  - Eficaz hasta 20 cm de profundidad
  - No requiere herramientas especiales
  
- **Arado**
  - Eficaz para grandes zonas ajardinadas
  - Eficaz hasta una profundidad de 30 cm
  - Problema de reaparición en superficie en siguientes arados-
  - Reducción en factor 20 de la tasa de dosis mediante arado profundo (45 cm o más)

---

MINISTERIO DEL INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE PROTECCIÓN CIVIL Y EMERGENCIAS



**ÁREAS URBANAS. METODOS DE DESCONTAMINACIÓN**

## OTROS SISTEMAS

- **Tala de árboles y arbustos**
  - Eficaz en la descontaminación de zonas arboladas
  - Zonas arboladas retienen gran cantidad de material radiactivo
  - Generación de gran cantidad de residuos
  - Potenciales problemas de resuspensión
  - Utilización de cubiertas del terreno
  
- **Eliminación de capa superficial de asfalto de viales**
  - Muy efectivo para la retirada de la contaminación
  - Caro
  - Lento
  - Factor de descontaminación > 100
  - Generación de grandes cantidades de residuos
  
- **Retirada de una capa de suelo**
  - Mediante excavadoras, escarificadoras y niveladoras
  - Eliminación de 5 cm reduce 80-90% de la contaminación
  - Generación de grandes cantidades de residuos

---



MINISTERIO DEL INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE PROTECCIÓN CIVIL Y EMERGENCIAS



CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR

## ÁREAS URBANAS. METODOS DE DESCONTAMINACIÓN

### COMPARATIVA DE LOS SISTEMAS DE DESCONTAMINACIÓN DE ZONAS URBANAS

Técnicas de descontaminación	Superficie	Actividad retirada (%)
Barrido y barrido con aspiración	Superficies pavimentadas	20-90
	Superficies permeables	67-90
Manguereado y flaseado	Superficies pavimentadas	45-95
	Tejados	25-90
	Paredes	0
Retirada de superficies	Capa superior de suelos	75-90
	Superficie de viales	98-100
	Sustitución de cubiertas	100
Cortado de césped		25-90
Tala de árboles		90-98
Arado (15-30 cm)	Parques y zonas ajardinadas	25-98
Excavación	Jardines	83
Chorreado	Edificios	40-100



MINISTERIO DEL INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE PROTECCIÓN CIVIL Y EMERGENCIAS



CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR

## ZONAS RURALES

### PLANIFICACIÓN DE LA DECONTAMINACIÓN

- **Objetivos**
  - Reducción de radiación beta/gamma a niveles aceptables
  - Prevención de la incorporación de radionucleidos a la Cadena Trófica
  - Mínimo impacto ecológico
  - Seguros, prácticos y viables económicamente
  
- **Otros Criterios de Selección del Método**
  - Mínimo efecto en viabilidad del terreno para cultivo
  - Mínimos impacto ecológico al suelo, la flora y la fauna
  
- **Problemas de Selección del Método**
  - Topografía de la zona
  - Gran número de ecosistemas naturales
  - Usos de la tierra posibles
  - Gran número de tipos de vegetación
  - Clases de suelo y sus características
  - Comportamiento complejo de los radionucleidos:
    - Específico
    - En los diferentes suelos



MINISTERIO DEL INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE PROTECCIÓN CIVIL Y EMERGENCIAS



CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR

## ZONAS RURALES

### FENOMENOLOGÍA DE LOS SUELOS NATURALES CONTAMINADOS

- Consecuencias dependen de época del año de la contaminación
- Deposición se puede producir sobre:
  - Suelo desnudo
  - Superficies vegetales (cultivadas o no)
  - Suelo subyacente
- Fracción de contaminación captada por cultivo depende de:
  - Tipo de deposición (seca o húmeda)
  - Cantidad e intensidad de la precipitación
- Deposición en pastos: impacto mayor en época de pastoreo
- Transferencia a animales:
  - Zonas cultivadas – animales domésticos:
    - transferencia menor
    - producción mayor
  - Terrenos improductivos – animales salvajes:
    - transferencia mayor
    - producción menor

---



MINISTERIO DEL INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE PROTECCIÓN CIVIL Y EMERGENCIAS



CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR

## ZONAS RURALES

### COMPORTAMIENTO DE LOS RADIONUCLEIDOS

- Radionucleidos **fundamentales** (concentración y movilidad):
  - Cs-137
  - Sr-90
  
- **Movilidad:** depende de tipo de suelo
  - Arcilloso: limita movilidad (adsorción)
  - Arenoso: facilita movilidad
  
- **Transferencia suelo – plantas:** depende de constituyentes del suelo
  - **Materia orgánica:** facilita transferencia de Cs-137
  - Presencia de **especies químicas similares:** limita la transferencia
    - Cs-137: presencia de potasio
    - Sr-90: presencia de calcio

---



MINISTERIO DEL INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE PROTECCIÓN CIVIL Y EMERGENCIAS



CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR

## ZONAS RURALES

### MÉTODOS DE DESCONTAMINACIÓN EN SUELOS AGRÍCOLAS (1/2)

- **Retirada de Vegetales Cultivados**
  - Recomendable al menos en el año agrícola de la deposición
  - Eficacia depende de:
    - Tipo de cultivo
    - Etapa de desarrollo del cultivo al producirse deposición
    - Cultivo denso: 25-50% aprox
  - Generación de gran cantidad de residuos
  - Costes: el de la cosecha
  
- **Retirada de la capa superior del suelo**
  - Retirada de capa 5-10 cm
  - Método más eficaz
  - Método más aceptado públicamente
  - Generación de gran cantidad de residuos
    - 5 cm de espesor de una hectárea genera 500 m<sup>3</sup> – 1000 Tm de residuos
    - Enormes problemas logísticos y de gestión
  - Método caro:
    - Ejecución y residuos
    - Eliminación de parte más fértil del suelo



MINISTERIO DEL INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE PROTECCIÓN CIVIL Y EMERGENCIAS



CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR

## ZONAS RURALES

### MÉTODOS DE DESCONTAMINACIÓN EN SUELOS AGRÍCOLAS (2/2)

- **Arado**
  - Tipos de Arado:
    - Normal o de vertedera:
      - voltear los 20 ó 30 cm superiores del suelo
    - Profundo:
      - voltear los 50 ó 100 cm superiores del suelo
    - Tipo "skim-and-burial" (arado superficial y enterramiento profundo)
      - Sitúa la capa superficial (5-10 cm) bajo capa profunda (50 cm)
      - No voltear la tierra
  - Elimina problemas de resuspensión e irradiación
  - Problema de reparación en siguientes arados
  - Ventajas Arado Profundo y S&B:
    - Mayor reducción de transferencia a plantas
  - Desventajas Arado Profundo y S&B:
    - Reduce las cualidades agrícolas del terreno (profundo)
    - Coste superior
  
- **Contramedidas agroquímicas**
  - Adición de fertilizantes y otros aditivos:
    - En exceso
    - Con naturaleza química similar a contaminantes (Cs-137 – K, Sr-90 – Ca)
  - Reducción de la absorción por la raíz



MINISTERIO DEL INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE PROTECCIÓN CIVIL Y EMERGENCIAS



CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR

**ZONAS RURALES**

**MÉTODOS DE DESCONTAMINACIÓN EN SUELOS AGRÍCOLAS**

**RELACIÓN COSTE -BENEFICIO**

Método de Descontaminación del suelo	Producto	% reducción en Sievert-persona	Coste (Euro/ - Sievert-persona)
Retirada de una capa de 5 cm de suelo	Grano panificable	95	40000
	Patatas	95	2100
	Leche	95	4100
Arado tipo "skim-and-burial"	Grano panificable	90	7300
	Patatas	90	400
	Leche	90	760
Fertilización anual con potasio	Grano panificable	39	94000
	Patatas	50	4000
	Leche	67	2200

Para una deposición de 1 MBq/m<sup>2</sup>)



MINISTERIO DEL INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE PROTECCIÓN CIVIL Y EMERGENCIAS



CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR

**ANIMALES**

**Atención a productos de animales**

- Domésticos (menor transferencia, mayor producción)
- Salvajes (mayor transferencia, menor producción)

**Medidas de Protección (1/2)**

- Restricción del consumo humano de productos animales
  - Medida cara
  - Medida socialmente desestabilizadora
  - Consejos sobre dieta
- Gestión de los animales
  - Uso de alimentación no contaminada
  - Retirar o desplazar animales a zonas no contaminadas
  - Cambiar la producción de leche a carne

MINISTERIO DEL INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE PROTECCIÓN CIVIL Y EMERGENCIAS

CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR

## ANIMALES

### Medidas de Protección (1/2)

- Administración de aditivos de alimentación
  - Adsorbentes de radiocesio:
    - Bentonita: reducción del 50%
    - AFCF (derivado de hexacianoferrato): reducción del 80-90 %
    - Administración:
      - Alimento: reducción más constante
      - Sal: reducción más variable. Uso en animales salvajes
  - Absorbentes de radioestroncio:
    - Alta eficiencia: no hay
    - Administración de Ca

---

MINISTERIO DEL INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE PROTECCIÓN CIVIL Y EMERGENCIAS

CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR

## TRANSPORTE Y ELIMINACIÓN DE RESIDUOS DE DESCONTAMINACIÓN

### Residuos Generados al Descontaminar

- Gran cantidad
- Gran variedad
  - Suelo
  - Vegetación
  - Asfalto
  - Materiales de construcción
  - Líquidos
- Deben ser Gestionados en condiciones de Seguridad

Gestión a Realizar: **Eliminación en Repositorio** (vertedero de seguridad)

### Carga y transporte

- Uso de equipos convencionales de movimiento de tierras
- Precauciones: protección del personal y MA
  - Evitar polvo (humedecer tierra) en carga
  - Limpieza y caracterización de vehículos cargados
  - Plan de emergencia durante transporte

---



MINISTERIO DEL INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE PROTECCIÓN CIVIL Y EMERGENCIAS



CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR

**TRANSPORTE Y ELIMINACIÓN DE RESIDUOS DE DESCONTAMINACIÓN**

## CARACTERÍSTICAS DEL REPOSITORIO

- **Objetivo:**
  - Confinar el material radiactivo hasta ausencia de riesgo inaceptable
- **Criterios de diseño:**
  - Evitar dispersión acuática y aérea de material radiactivo de los residuos
  - Proteger de dispersión superficial: erosión, intrusión, vegetación
  - Contención durante cientos de años (decaimiento de Cs-137 y Sr-90)
- **Factores de Selección de Emplazamiento:**
  - Distancia a zona contaminada
  - Cantidad y naturaleza de residuos
  - Medios de transporte disponibles
  - Disponibilidad de emplazamientos naturales (canteras, minas, depresiones)
  - Geología e Hidrogeología: permeabilidad, aguas subterráneas
  - Tiempo durante el que se debe ejercer control
  - Mejoras de ingeniería posibles
  - Costes: transporte, construcción, mantenimiento



MINISTERIO DEL INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE PROTECCIÓN CIVIL Y EMERGENCIAS



CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR

**TRANSPORTE Y ELIMINACIÓN DE RESIDUOS DE DESCONTAMINACIÓN**

## Evaluación de Seguridad del Repositorio

- Estudio de la evolución futura del repositorio
  - Escenarios de liberación
  - Mecanismos de transporte de los radionucleidos
  - Receptores sensibles
  - Evaluación de Riesgo: estimación de dosis al hombre

## Medidas de ingeniería

- Vaso:
  - Impermeabilización (material natural y/o artificial)
  - Drenaje de potenciales Lixiviados
  - Drenaje de seguridad
- Cubrimiento:
  - Impermeabilización (material natural y/o artificial)
  - Drenaje de pluviales y escorrentía
  - Escollera o cubierta gruesa (evitar intrusión)



MINISTERIO  
DEL  
INTERIOR

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL DE  
PROTECCIÓN CIVIL Y  
EMERGENCIAS



CSN



CONSEJO DE  
SEGURIDAD NUCLEAR

## TRANSPORTE Y ELIMINACIÓN DE RESIDUOS DE DESCONTAMINACIÓN

### Repositorios

- Depresiones o valles naturales
- Canteras y minas a cielo abierto
- Minas subterráneas
- Fosas excavadas
- Diques o Pilas

### Proceso de Selección de Emplazamiento

- Obtención de datos básicos (cantidad y concentración de residuos, etc.)
- Establecimiento de criterios generales
- Selección de zonas potencialmente favorables
- Selección de emplazamientos posibles
- Confirmación de aceptabilidad de emplazamientos seleccionados