



Identificación y primeras actuaciones ante el hallazgo de fuentes radiactivas de primera categoría.

GUÍA PARA LA IDENTIFICACION DE FUENTES RADIATIVAS

PRIMEROS ACTUANTES
PRIMERA CATEGORÍA

GOBIERNO DE CHILE
MINISTERIO DE ENERGÍA
COMISIÓN CHILENA DE ENERGÍA NUCLEAR
SECCIÓN PROTECCIÓN RADIOLÓGICA OPERACIONAL

Autores

Luis Vivallo Victoriano
María José Yáñez Aguilera

Colaboradores

Oscar Yáñez Quintanilla
Walter Velázquez Espina

Agradecimientos

Fernando Vega Riquelme
Ricardo Videla Valdebenito
Ivonne Flores Alarcón

Primera Edición
CCHEN, Santiago, Chile
Julio 2016





CCHEN
Ministerio de
Energía

Gobierno de Chile

Identificación y primeras
actuaciones ante el hallazgo de
fuentes radiactivas de primera
categoría.

GUÍA PARA LA IDENTIFICACION DE FUENTES RADIATIVAS

PRIMEROS ACTUANTES
PRIMERA CATEGORÍA

GOBIERNO DE CHILE
MINISTERIO DE ENERGÍA COMISIÓN CHILENA
DE ENERGÍA NUCLEAR SECCIÓN PROTECCIÓN
RADIOLÓGICA OPERACIONAL.

SEPRO 
SERVICIO DE PROTECCIÓN
RADIOLÓGICA OPERACIONAL

Autores

Luis Vivallo Victoriano
María José Yáñez Aguilera

Colaboradores

Oscar Yáñez Quintanilla
Walter Velázquez Espina

Agradecimientos

Fernando Vega Riquelme
Ricardo Videla Valdebenito
Ivonne Flores Alarcón

Primera Edición
CCHEN, Santiago, Chile
Julio 2016

OBJETIVO:

El propósito de esta guía es informar a entidades de primera respuesta que se puedan ver enfrentadas al uso y manipulación de fuentes radiactivas de primera categoría, sea esto en caso de emergencias, hallazgos o abandonos de equipos o bultos de material radiactivo.

¿CÓMO UTILIZAR ESTA GUÍA?

Esta guía está destinada a personas que pertenecen a distintas entidades con conocimientos básicos en materia de protección radiológica y que tienen algún tipo de rol en el control y manejo de material radiactivo.

Para comenzar a utilizar la guía primero considere lo siguiente:

- a) Si usted posee conocimientos previos en materias de protección radiológica, utilice directamente la guía, desde el Capítulo 1.
- b) Si usted considera que requiere de un mayor dominio en materias de Protección Radiológica, se recomienda leer primeramente los conceptos básicos en protección radiológica enseñados en el Capítulo 3 y luego continuar al Capítulo 1.

A partir del Capítulo 2 usted podrá reconocer que la información está distribuida principalmente en dos áreas:

Identificación: Corresponden a las Fichas Técnicas con fondo verde y el propósito de éstas es ayudar a reconocer e identificar objetos que puedan considerarse dispositivos radiactivos, fuentes radiactivas y/o bultos de transporte radiactivos.

Actuación: Una vez identificada la presencia de un elemento radiactivo las fichas con fondo rojo entregan instrucciones básicas sobre el actuar del personal a cargo, a fin de evitar consecuencias indeseadas para el mismo, público y/o medio ambiente.

La guía no pretende ser un documento detallado ni exhaustivo de todas las fuentes existentes, así como tampoco aplica al manejo de las fuentes en una emergencia radiológica solo aplica en la primera respuesta. Cada institución deberá usar los procedimientos particulares desarrollados por éstos, adoptando la normativa vigente que le aplique. La guía está diseñada como una ayuda general y de rápida consulta para proporcionar las primeras actuaciones.

DERECHOS DE AUTOR

La propiedad intelectual está dada a la Comisión Chilena de Energía Nuclear.

Servicio de Protección Radiológica Operacional, Perteneciente al Departamento De Protección Radiológica y Ambiental.

TABLA DE CONTENIDO

CAPÍTULO 1: FUENTES RADIATIVAS, DISPOSITIVOS, BULTOS Y TRANSPORTE CON MATERIAL RADIATIVO

1.1 SIMBOLOGÍA	6
1.2 FUENTE RADIATIVA	6
1.3 DISPOSITIVO	7
1.4 BULTOS	8
1.5 TRANSPORTE	9
1.6 FUENTES RADIATIVAS NO IDENTIFICADAS	11

CAPÍTULO 2: FICHAS TÉCNICAS DE LA IDENTIFICACIÓN Y ACTUACIÓN DE LOS PRINCIPALES DISPOSITIVOS INDUSTRIALES Y MÉDICOS.

2.1 USOS INDUSTRIALES	14
2.2 USOS MÉDICOS	15

CAPÍTULO 3: PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

3.1 RADIACIÓN Y RADIATIVIDAD EN PROTECCIÓN RADIOLÓGICA	46
3.2 UNIDADES UTILIZADAS EN PROTECCIÓN RADIOLÓGICA	48
3.3 DETECTORES USADOS EN PROTECCIÓN RADIOLÓGICA	48
3.4 MÉTODOS FUNDAMENTALES PARA PROTECCIÓN RADIOLÓGICA	49
3.5 EFECTOS DE LAS RADIACIONES IONIZANTES	54

AGRADECIMIENTOS	48
REFERENCIAS	54
ANEXOS	55
ANEXO I: MARCO LEGAL	56
ANEXO II: EJERCICIOS PRÁCTICOS Y UNIDADES RELACIONADAS	56
ANEXO III: CLASIFICACIONES DE LAS CATEGORÍAS.	58



CAPÍTULO 1

Fuentes Radiactivas

**Dispositivos, Bultos
y Transporte con
Material Radiactivo**

1.1 SIMBOLOGÍA

Las fuentes radiactivas, los dispositivos y los bultos de transporte con material radiactivo varían mucho de apariencia, según la aplicación específica para la que puedan utilizarse. Los dispositivos y bultos de transporte radiactivos suelen contener blindajes contra la radiación, de modo que son pesados en relación con su tamaño, aunque también se puede encontrar aquellas fuentes

radiactivas siendo transportadas en bultos de cajas de cartón y/o madera.

En todos los dispositivos y bultos de transporte que contengan una fuente radiactiva deberían, al menos, estar demarcado con el símbolo del trisector que indica la presencia de material radiactivo.

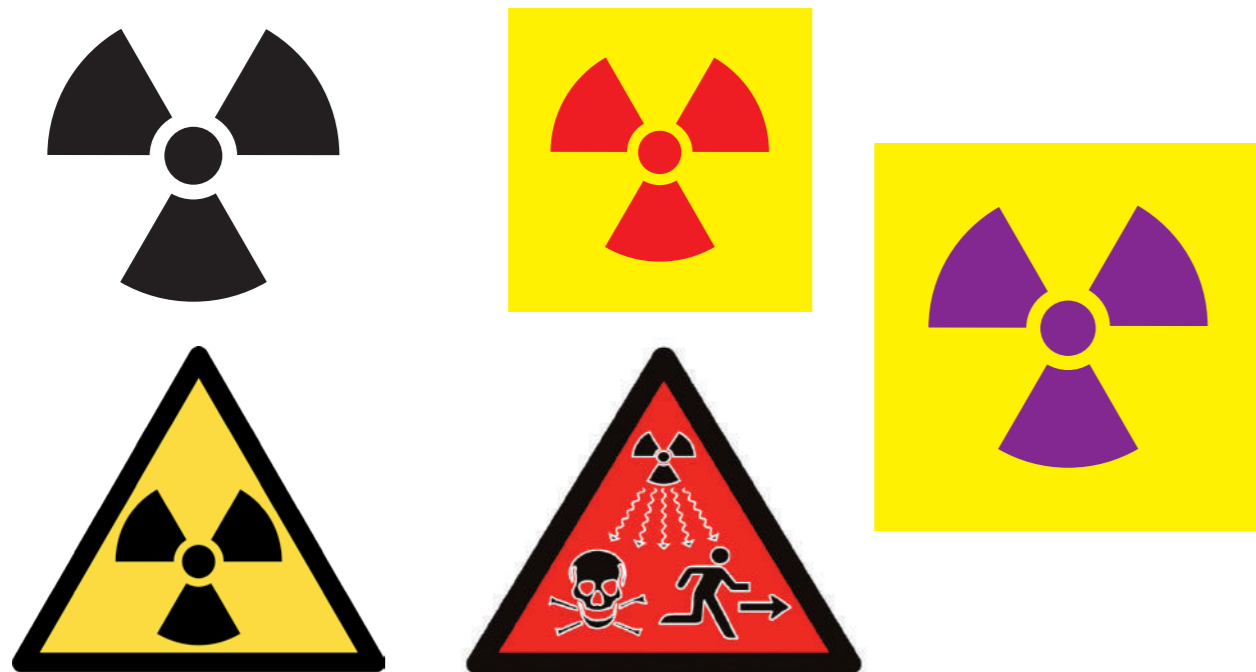


Figura 1: Simbologías que contiene el trisector en diferentes partes del mundo, las cuales indican la presencia de material radiactivo. En Chile el trisector según NCh 1410 OF 78 debe ser de color púrpura y contraste amarillo y su forma está basada en la NCh 1411/1. Of 78.

1.2 FUENTE RADIATIVA

Una fuente radiactiva es una sustancia, material u objeto que contiene un elemento químico que emite radiación ya sea por exposición o bien por liberación de material radiactivo.

Las fuentes radiactivas pueden ser de muy variadas formas y tamaños dependiendo del uso para la cual fue diseñada, por ejemplo, en fuentes industriales pueden encontrarse en forma de pequeños cilindros con diámetros de 1 cm y una longitud de 70 cm. (Ver figura 3 y 5).

Por otra parte, las fuentes médicas pueden tener formas de cilindros, planas, cúbicas, etc. con dimensiones que van desde 2 mm de diámetro hasta 30 cm de largo. (Ver figura 2 y 4)

Siempre es importante saber que el tamaño de la fuente no es indicativo de su peligrosidad.

Existe una gran variedad de materiales usados en la producción de fuentes radiactivas y éstas se pueden encontrar en pequeños cristales de sales, gas o incluso material macizo como el acero.

En la mayoría de las fuentes se les puede observar el número de serie grabado en la superficie de la misma, y dependiendo de su tamaño puede llevar además el símbolo radiactivo (trébol) y/o el elemento químico radiactivo con su número másico.

Con el paso del tiempo se hace difícil distinguir la información de las fuentes radiactivas y es por ello que en estos casos se debe disponer de instrumentación especializada para su identificación.



Figura 2: Fuentes de Cobalto 60 utilizadas en cabezales de cobaltoterapia.



Figura 4: Fuentes de Cesio 137 utilizados en Braquiterapia.



Figura 3: Fuentes de Iridio 192 utilizadas en gammagrafía industrial.



Figura 5: Fuentes Industrial de Cobalto 60 utilizadas en Gammagrafía industrial

1.3 DISPOSITIVO

Es un instrumento o máquina que utiliza una fuente radiactiva generalmente para realizar estudios y ensayos no destructivos en el caso del área industrial, y en el área médica son utilizados para diagnóstico y tratamientos a pacientes.

Dadas las características de las fuentes radiactivas, los dispositivos suelen contar con blindajes adecuados para contener la fuente y atenuar la radiación ionizante evitando de esta forma la exposición a las personas y para ello se considera diferentes diseños y tamaños de construcción.



Figura 6: Dispositivo para gammagrafía Industrial que utiliza Fuente Radiactiva de Iridio 192.



Figura 7: Dispositivo para tratamientos médicos que utiliza Fuentes de Cobalto 60

1.4 BULTOS

Un bulto de transporte es el embalaje que se utiliza para transportar el dispositivo con la fuente radiactiva o bien solamente la fuente radiactiva.

Los bultos de transportes son muy variados en composición y forma y se pueden encontrar desde grandes contenedores de acero que pueden llegar a pesar 5 toneladas, hasta pequeñas cajas de cartón desechables.



Figura 8: Bulto: Caja de cartón desechables que en su interior se encuentra el contenedor y blindaje utilizado para el transporte de la fuente radiactiva Yodo 131.



Figura 9: Bulto: Contenedor de material radiactivo en forma de varillas de Cobalto 60.

Los bultos de transporte deben estar claramente identificados y etiquetados tal como se muestra en el frontis de la caja de cartón de la figura 10, a fin de cumplir con la normativa nacional e internacional.



Figura 10: Tipos de etiquetas utilizadas en los bultos con material radiactivo.

La etiqueta utilizada en los bultos se elige en función de la combinación de la tasa de dosis de radiación máxima en la superficie del bulto y de la tasa de dosis de radiación máxima a una distancia de 1 m de la superficie de éste.

Las etiquetas de la categoría 1 indican las tasas de dosis más bajas, mientras que las etiquetas de la categoría 3 están asociadas con las tasas de dosis más altas.

Tabla 1: Categorías de etiquetas utilizadas en los bultos.

Condiciones	Categoría			
	I - Blanca	II - Amarilla	III - Amarilla	IV - Amarilla bajo USO EXCLUSIVO
Nivel de radiación Máximo en cualquier punto de la superficie externa.	Hasta 0,005 mSv/h (0,5 mRem/h)	Mayor que 0,005 mSv/h (0,5 mrem/h) Pero no Mayor que 0,5 mSv/h (50 mrem/h)	Mayor que 0,5 mSv/h (50 mrem/h) Pero no Mayor que 2 mSv/h (200 mrem/h)	Mayor que 2 mSv/h (200 mrem/h) Pero no Mayor que 10 mSv/h (1.000 mrem/h)
Índice de transporte (medido a 1 metro)	0	Mayor que 0 Pero no Mayor que 1	Mayor que 1 Pero no Mayor que 10	Mayor que 10

1.5 TRANSPORTE

El transporte de los bultos con material radiactivo se realiza a través de diferentes medios tanto aéreos, terrestres como marítimos. Todo transporte en el territorio nacional debe cumplir con señalado en el Decreto Supremo N°12 y Decreto N°298 de Transporte de Cargas Peligrosas. En este apartado se destaca especialmente el cumplimiento del rotulado que se puede observar en la figura 11. Para el caso del transporte por Ferrocarril y por Carretera que acarren Bultos ostentarán de modo visible los rótulos indicados en la Figura 11 en las cuatro caras del transporte

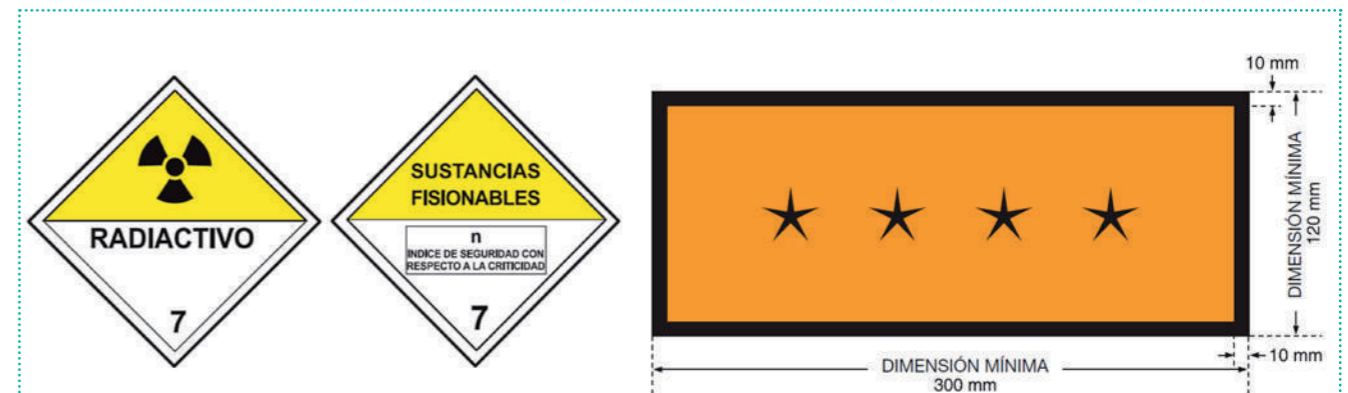


Figura 11: Tipos de rotulado utilizado en el transporte de bultos con material radiactivo.



a

b

c

Figura 12: (a) Vehículo del área industrial transportando Bulto, (b) Vehículo del área médica con Bulto en su interior (c) Rotulado de vehículo.

Para dar cumplimiento a lo estipulado por el decreto N° 298, que reglamenta el transporte de cargas peligrosas por calles y caminos se debe cumplir con el rotulado naranja de las Naciones Unidas, número que especifica el tipo de material radiactivo que está siendo transportado. En la Tabla 2 se detalla los tipos de bultos, el número de las naciones unidas respectivo y la descripción del material radiactivo siendo transportado.

Tabla 2: números de las naciones unidas para transporte de material radiactivo (clase 7).

Tipos de Bultos	UN	Descripción
Bultos exceptuados	2908	Bulto exceptuado-embalaje/envase vacío
	2909	Bulto exceptuado- Artículos manufacturados de uranio natural o uranio empobrecido o torio natural
	2910	Bulto exceptuado- Cantidad limitada de materiales
	2911	Bulto exceptuado- Instrumentos o artículos
Materiales radiactivos de baja actividad específica	2912	Baja actividad específica (BAE-I), no fisionables o fisionables exceptuados
	3321	baja actividad específica (BAE-II), no fisionables o fisionables exceptuados
	3322	baja actividad específica (BAE-III), no fisionables o fisionables exceptuados
	3324	baja actividad específica (BAE-II), fisionables
Objeto contaminado en la superficie	3325	baja actividad específica (BAE-III), fisionables
	2913	Objetos contaminados en la superficie (OCS-I u OCS-II), no fisionables o fisionables exceptuados.
Bultos Tipo A	3326	objetos contaminados en la superficie (OCS-I u OCS-II), fisionables
	2915	Bultos tipo A, no en forma especial, no fisionables o fisionables exceptuados
	3327	Bultos tipo A, FISIONABLES, no en forma especial
	3332	Bultos tipo A, EN FORMA ESPECIAL, no fisionables o fisionables exceptuados
Bulto tipo B(U)	3333	Bultos tipo A, EN FORMA ESPECIAL, FISIONABLES
	2916	Bultos tipo B(U), no fisionables o fisionables exceptuados
Bulto tipo B(M)	3328	Bultos tipo B(U), Fisionables
	2917	Bultos tipo B(M), no fisionables o fisionables exceptuados
Bulto Tipo C	3329	Bultos tipo B(M), Fisionables
	3323	Bultos tipo C, no fisionables o fisionables exceptuados
Arreglos especiales	3330	Bultos tipo C, Fisionables
	2919	Transportados en virtud de arreglos especiales, no fisionables o fisionables exceptuados
Hexafluoruro de uranio	3331	Transportados en virtud de arreglos especiales, Fisionables
	2977	Hexafluoruro de Uranio, Fisionables
	2978	Hexafluoruro de Uranio, no fisionables o fisionables exceptuados

1.6 FUENTES RADIATIVAS NO IDENTIFICADAS

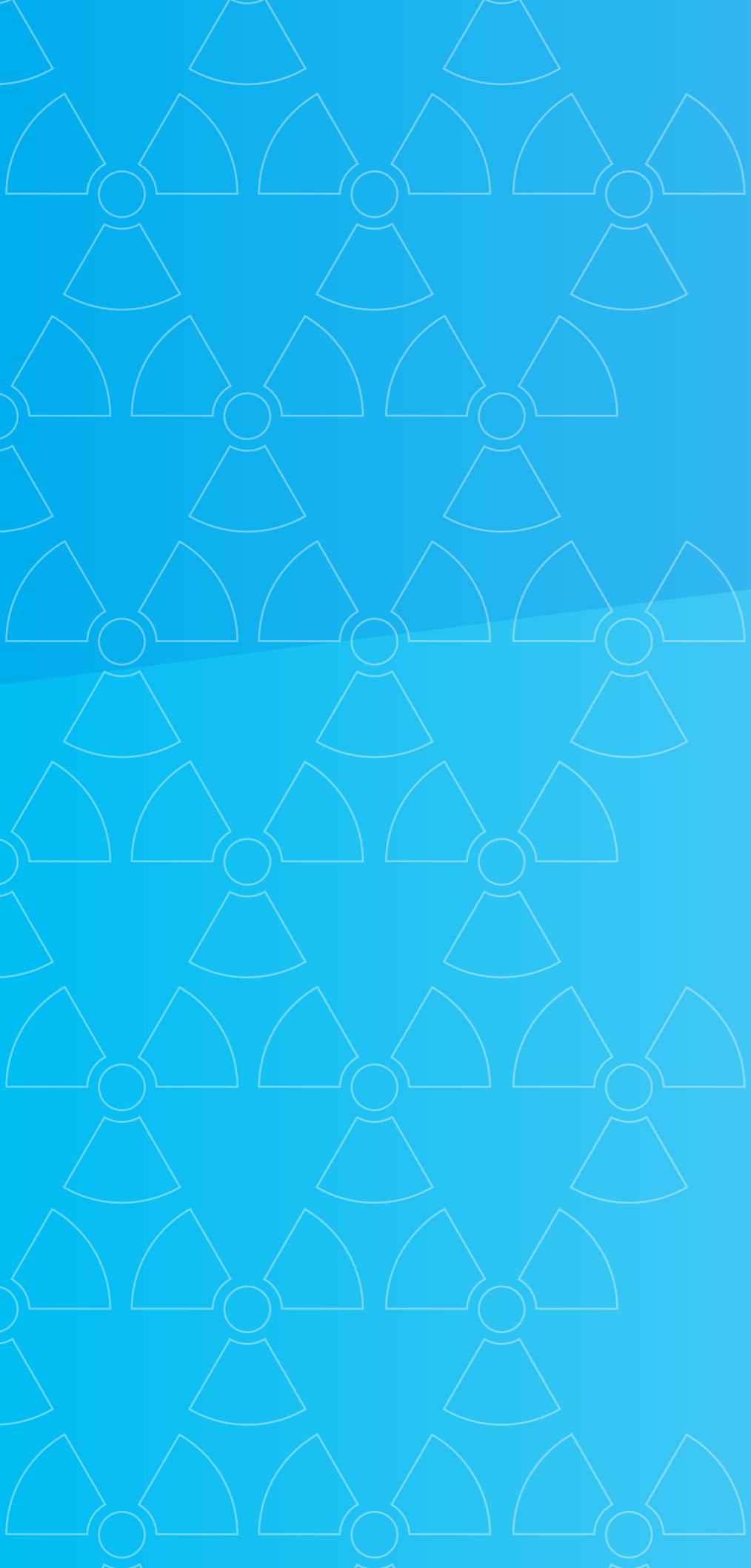
Si bien como normativa todas las fuentes radiactivas deberían cumplir con el reglamento del etiquetado, rotulado y simbología descrita anteriormente, también puede suceder que se encuentren fuentes radiactivas sin ningún indicio de que lo sean. Para poder identificar si se trata o no de una fuente radiactiva será necesario utilizar detectores de radiación especializados, los cuales son capaces de indicar el nivel de radiación existente a una determinada distancia de la fuente radiactiva. La instrumentación utilizada para la detección de fuentes radiactivas puede variar en cuanto a la magnitud y unidades que se despliega en la pantalla ($\mu\text{Sv/h}$, mR/h , cps, números), usted debe conocer su instrumentación antes de utilizarla.



Figura 13: De izquierda a derecha: Identifinder, Eberline, Thermo FH40G.



Figura 14: Detector tipo PAGER. Muestra un número adimensional, pero que está asociado a algún nivel de radiación.



CAPÍTULO 2

**Fichas técnicas de
la identificación
y actuación de
los principales
dispositivos
Industriales y
Médicos.**



2.1 USOS INDUSTRIALES

Como se ha indicado anteriormente, la mayoría de las fuentes debería contar con algún tipo de simbología y/o etiquetado a fin de poder hacer el reconocimiento de la presencia de una fuente radiactiva.

También para los casos en que no están etiquetado, resulta útil tener conocimientos generales de los dispositivos radiactivos más frecuentemente utilizados y con esto ser capaces de reconocer visualmente cuando se está en presencia de un dispositivo/fuente radiactiva.

Los diversos campos en que se utiliza legítimamente dispositivos radiactivos para el beneficio de las actividades humanas, se pueden dividir principalmente en las áreas Industriales y Médicas.

Como observación por diseño todas las fuentes selladas, industrial y médicas se fabrican con doble encapsulado de acero inoxidable y/o de zircaloy.

Para el caso industrial existen muchas variedades de dispositivos con fuentes radiactivas, entre los que encontramos: irradiadores para la esterilización en el tratamiento de plagas y preservación de alimentos, equipos de radiografías industriales, como los llamados dispositivos de gammagrafía industrial, los cuales suelen ser usados y encontrados en proyectos de ingeniería civil, soldaduras de tuberías y en plantas generales de fabricación industrial, entre muchas otras. A continuación se realiza un listado de las fuentes radiactivas más comunes de primera categoría junto con sus dispositivos y Bultos de Transporte, a fin de que pueda ser sencillo realizar su reconocimiento visual.



Figura 15: Equipo usado en minería de gammagrafía industrial.

2.2 USOS MÉDICOS

Para el ámbito medico se utilizan dispositivos y fuentes radiactivas para la terapia de cáncer (teleterapia, braquiterapia, etc) y para la irradiación de sangre. Es por ello que es posible encontrar estos dispositivos radiactivos en unidades hospitalarias de terapia de

cáncer y Unidades hospitalarias de transfusión de sangre y almacenamiento de sangre. También para el diagnóstico médico se emplean frecuentemente fuentes radiactivas pero de menor intensidad las cuales son de segunda y tercera categoría y no conforman parte de esta guía.



Figura 16: aplicaciones médicas, (1) Radioterapia con Gamma Knife, (2) Tratamiento a través de quimioterapia.



GAMMAGRAFÍA INDUSTRIAL

SEPRO-CCHEN

FICHAS TÉCNICAS

Categoría Industrial

IDENTIFICACIÓN VISUAL

Equipos	Fuentes Radiactivas
	

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Equipos	Fuentes
Tasa de dosis en contacto: Hasta 200 μ Sv/h	Radionúclido: Iridio 192 (Ir-192)
Tipo de bulto: B	Actividad: 150 Ci
Etiquetado: Categoría II y III	Riesgo: ALTO
Marcas: SPEC, SENTINEL, QSA GLOBAL, SOURCE PRODUCTION & EQUIPMENT CO, MEDILINK, BALTEAU NDT, STEEL ELECTRONIQUE, S & G TECHNOLOGIES INC, NORTH AMERICAN X-RAY DIV. , STAN A. HUBER CONSULTANTS.	Tasa de dosis considerando la pérdida del blindaje a 1 metro: 600 mSv/h con aprox. 150 Ci
Modelos: 660-B, SPEC-150, Gammamat M6, Comando Great, 880 Delta, 880 Sigma	Forma Física: Cilíndrica, sólida, sellada.
Forma: Tiene asa, es Rectangular, parece lonchera	Peso: 80 gramos
Peso: 20 a 30 kilos	Material: acero inoxidable
Composición: Uranio Depletado o U-238	Dimensiones: 0,5 cms. de diámetro x 1,5 cms. de largo.
Dimensiones aprox: 33 cms. x 13 cms. x 25 cms.	

Procedimientos en caso de emergencia

Equipos	Fuentes
Detección: Geiger Müller (GM) Centellador plástico Cámara de ionización Como recomendación poseer dosimetría personal.	Detección: Geiger Müller (GM) Centellador plástico Cámara de ionización Como recomendación poseer dosimetría personal.
Distancia mínima: 5 metros	Distancia mínima: 50 metros
Señalizar con cinta "Peligro material Radiactivo"	Señalizar con cinta "Peligro material Radiactivo"
Resguardar en una bodega el equipo , señalar el área.	Resguardar el material radiactivo con un blindaje de plomo o planchas de fierro de 1 pulgada. Tiempo máximo para operación 2 minutos, programar previamente.
Informar a la Comisión Chilena de Energía Nuclear (CCHEN) Contacto telefónico: 93194369 Pagina web: www.cchen.cl	Informar a la Comisión Chilena de Energía Nuclear (CCHEN) Contacto telefónico: 93194369 Pagina web: www.cchen.cl

EN CASO DE PÉRDIDA, ROBO O HURTO, LLAMAR A LA CCHEN

Precauciones



- No manipular la fuente radiactiva
- Mantener distancia
- Retener o aislar a las personas sin lesiones o el equipo, sospechosos de estar contaminados.
- No inicie labores de descontaminación y limpieza hasta recibir instrucciones de las autoridades.

EN CASO DE INCENDIO



- La radiactividad no cambia la inflamabilidad u otras propiedades de los materiales. No debe afectar los procedimientos de control del incendio y no debiera influenciar la selección de las técnicas.
- Los bultos tipo B, están diseñados para resistir hasta 800°C por 30 minutos.
- En caso de que el incendio sea mayor, considere una distancia de evacuación de 300 metros a la redonda.

GAMMAGRAFÍA INDUSTRIAL

IDENTIFICACIÓN VISUAL	
Equipos	Fuentes Radiactivas
	<p>Cápsula Soldada que contiene el material radiactivo</p> <p>Extremo conector de la coleta</p>

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Equipos	Fuentes
Tasa de dosis en contacto aprox: 35,5 μ Sv/h	Radionúclido: Cobalto 60 (Co-60)
Tipo de bulto: B	Actividad: 100 Ci
Etiquetado: Categoría III Amarilla	Riesgo: ALTO
Marcas: GAMMAMAT, QSA Global, Isotopen Technik Dr. Sauerwein GMBH, Rich Seifert	Tasa de dosis considerando la pérdida del blindaje a 1 metro: 2.000 mSv/h
Modelos: gammamat TK-100, Sentry 330	
Forma: cilíndrica	Forma Física: Cilíndrica, sólida, sellada.
Peso aprox: desde 20 a 300 kilos	Peso: 80 gramos
Composición: Uranio Depletado	Material: acero inoxidable
Dimensiones aprox: 33 cms. x 13 cms. x 25 cms.	Dimensiones: 0,5 cms. de diámetro x 1,5 cms. de largo.

Procedimientos en caso de emergencia

Equipos	Fuentes
Detección: Geiger Müller (GM) Centellador plástico Cámara de ionización Como recomendación poseer dosimetría personal.	Detección: Geiger Müller (GM) Centellador plástico Cámara de ionización Como recomendación poseer dosimetría personal.
Distancia mínima: 5 metros	Distancia mínima: 50 metros
Señalizar con cinta "Peligro material Radiactivo"	Señalizar con cinta "Peligro material Radiactivo"
Resguardar en una bodega el equipo , señalar el área.	Resguardar el material radiactivo con un blindaje de plomo o planchas de hierro de 1 pulgada. Tiempo máximo para operación 2 minutos, programar previamente.
Informar a la Comisión Chilena de Energía Nuclear (CCHEN) Contacto telefónico: 93194369 Pagina web: www.cchen.cl	Informar a la Comisión Chilena de Energía Nuclear (CCHEN) Contacto telefónico: 93194369 Pagina web: www.cchen.cl

EN CASO DE PÉRDIDA, ROBO O HURTO, LLAMAR A LA CCHEN

Precauciones



- No manipular la fuente radiactiva
- Mantener distancia
- Retener o aislar a las personas sin lesiones o el equipo, sospechosos de estar contaminados.
- No inicie labores de descontaminación y limpieza hasta recibir instrucciones de las autoridades.

EN CASO DE INCENDIO



- La radiactividad no cambia la inflamabilidad u otras propiedades de los materiales. No debe afectar los procedimientos de control del incendio y no debiera influenciar la selección de las técnicas.
- Los bultos tipo B, están diseñados para resistir hasta 800°C por 30 minutos.
- En caso de que el incendio sea mayor, considere una distancia de evacuación de 300 metros a la redonda.

GAMMAGRAFÍA INDUSTRIAL

IDENTIFICACIÓN VISUAL	
Equipos	Fuentes Radiactivas
1  2 	
Equipo llamado Crawler	

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Equipos	Fuentes
Tasa de dosis en contacto aprox: 35,5 μ Sv/h	Radionúclido: Selenio 75 (Se-75)
Tipo de bulto: A	Actividad: (1) 100 Ci (2) 100 Ci
Etiquetado: Categoría III Amarilla	Riesgo: ALTO
Marcas: AMERSHAM, GAMMAMAT, MEDISO, MEDILINK, MDS NORDION, NORT AMERICAN X-RAY DIV, SOURCE PRODUCTION & EQUIPMENT Co, STAN A. HUBER CONSULTANTS INC.	Tasa de dosis considerando la pérdida del blindaje a 1 metro: 200 mSv/h
Modelos: BPCD, GAMMAMED	
Forma: (1) Tiene asa, es Rectangular, parece lonchera. (2) Es alargado de forma de tubería.	Forma Física: Cilíndrica, sólida, sellada.
Peso aprox: (1) 20 A 30 kg, (2) 50 A 100 kg	Peso: 80 gramos
Composición: Uranio Depletado O Uranio 238	Material: acero inoxidable
Dimensiones aprox: (1) 33cm x 13cm x 25 cm (2) 800 a 1.500 mm largo x 400 mm ancho x 400 mm alto.	Dimensiones: 0,5 cms. de diámetro x 1,5 cms. de largo.

Procedimientos en caso de emergencia

Equipos	Fuentes
Detección: Geiger Müller (GM) Centellador plástico Cámara de ionización Como recomendación poseer dosimetría personal.	Detección: Geiger Müller (GM) Centellador plástico Cámara de ionización Como recomendación poseer dosimetría personal.
Distancia mínima: 5 metros	Distancia mínima: 50 metros
Señalizar con cinta "Peligro material Radiactivo"	Señalizar con cinta "Peligro material Radiactivo"
Resguardar en una bodega el equipo , señalizar el área.	Resguardar el material radiactivo con un blindaje de plomo o planchas de hierro de 1 pulgada. Tiempo máximo para operación 2 minutos, programar previamente.
Informar a la Comisión Chilena de Energía Nuclear (CCHEN) Contacto telefónico: 93194369 Pagina web: www.cchen.cl	Informar a la Comisión Chilena de Energía Nuclear (CCHEN) Contacto telefónico: 93194369 Pagina web: www.cchen.cl

EN CASO DE PÉRDIDA, ROBO O HURTO, LLAMAR A LA CCHEN

Precauciones



- No manipular la fuente radiactiva
- Mantener distancia
- Retener o aislar a las personas sin lesiones o el equipo, sospechosos de estar contaminados.
- No inicie labores de descontaminación y limpieza hasta recibir instrucciones de las autoridades.

EN CASO DE INCENDIO



- La radiactividad no cambia la inflamabilidad u otras propiedades de los materiales. No debe afectar los procedimientos de control del incendio y no debiera influenciar la selección de las técnicas.
- Los bultos tipo B, están diseñados para resistir hasta 800°C por 30 minutos.
- En caso de que el incendio sea mayor, considere una distancia de evacuación de 300 metros a la redonda.

IRRADIADORES INDUSTRIALES - AUTOBLINDADOS

IDENTIFICACIÓN VISUAL	
Equipos	Fuentes Radiactivas
	<p>Lápices de Cobalto 60</p>

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
Equipos	Fuentes
Tasa de dosis en contacto aprox: 0,2 μ Sv/h	Radionúclido: Cobalto 60 (Co-60)
Tipo de bulto: B	Actividad: 8000 Ci
Etiquetado: Categoría III Amarilla	Riesgo: ALTO
Marca: NOR-3500	Tasa de dosis considerando la pérdida del blindaje a 1 metro: 80 mSv/h
Modelos: NORATOM	Forma Física: Cilíndrica, sólida, sellada.
Forma: Planta fija industrial	Peso: 80 gramos
Peso aprox: 4000 kilos	Material: acero inoxidable
Composición: Cubierta Metal Sólido 6 mm y Plomo en su interior	Dimensiones: 0,5 cms. de diámetro x 1,5 cms. de largo.
Dimensiones aprox: Alto 250 cm x ancho 150 cm x largo 150 cm	

Procedimientos en caso de emergencia

Equipos	Fuentes
Detección: Geiger Müller (GM) Centellador plástico Cámara de ionización Como recomendación poseer dosimetría personal.	Detección: Geiger Müller (GM) Centellador plástico Cámara de ionización Como recomendación poseer dosimetría personal.
Distancia mínima: 2 metros	Distancia mínima: 50 metros
Señalizar con cinta "Peligro material Radiactivo"	Señalizar con cinta "Peligro material Radiactivo"
No ingresar sin autorización . Solo personal calificado	No entrar al lugar sin observar los procedimientos de seguridad radiológica establecidas.
Informar a la Comisión Chilena de Energía Nuclear (CCHEN) Contacto telefónico: 93194369 Pagina web: www.cchen.cl	Informar a la Comisión Chilena de Energía Nuclear (CCHEN) Contacto telefónico: 93194369 Pagina web: www.cchen.cl

EN CASO DE PÉRDIDA, ROBO O HURTO, LLAMAR A LA CCHEN

Precauciones



- No manipular la fuente radiactiva
- Mantener distancia
- Retener o aislar a las personas sin lesiones o el equipo, sospechosos de estar contaminados.
- No inicie labores de descontaminación y limpieza hasta recibir instrucciones de las autoridades.

EN CASO DE INCENDIO



- La radiactividad no cambia la inflamabilidad u otras propiedades de los materiales. No debe afectar los procedimientos de control del incendio y no debiera influenciar la selección de las técnicas.
- Los bultos tipo B, están diseñados para resistir hasta 800°C por 30 minutos.
- En caso de que el incendio sea mayor, considere una distancia de evacuación de 300 metros a la redonda.

IRRADIADORES INDUSTRIALES - AUTOBLINDADOS

IDENTIFICACIÓN VISUAL	
Equipos	Fuentes Radiactivas
	<p>Lápices de Cobalto 60</p>

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Equipos	Fuentes
Tasa de dosis en contacto: 2,5 μ Sv/h	Radionúclido: Cobalto 60 (Co-60)
Tipo de bulto: B	Actividad: 1,100 Ci a mayo de 2016
Etiquetado: Categoría III Amarilla	Riesgo: ALTO
Marca: SHEPPERD	Tasa de dosis considerando la pérdida del blindaje a 1 metro: 11 Sv/h
Modelos: Gammacell 220 R	Forma Física: Cilíndrica tipo lápiz, sólida, sellada.
Forma: Planta fija industrial	Peso: 200 gramos cada lápiz
Peso aprox: 3 toneladas	Material: acero inoxidable
Composición: Fierro y plomo	Dimensiones: 20 cms. de alto x 1 cm. de diámetro cada lápiz.
Dimensiones aprox: 1,2 metros de alto x 1 metro de ancho	

Procedimientos en caso de emergencia

Equipos	Fuentes
Detección: Geiger Müller (GM) Centellador plástico Cámara de ionización Como recomendación poseer dosimetría personal.	Detección: Geiger Müller (GM) Centellador plástico Cámara de ionización Como recomendación poseer dosimetría personal.
Distancia mínima: 2 metros	Distancia mínima: 50 metros
Señalizar con cinta "Peligro material Radiactivo"	Señalizar con cinta "Peligro material Radiactivo"
No ingresar sin autorización . Solo personal calificado	No entrar al lugar sin observar los procedimientos de seguridad radiológica establecidas.
Informar a la Comisión Chilena de Energía Nuclear (CCHEN) Contacto telefónico: 93194369 Pagina web: www.cchen.cl	Informar a la Comisión Chilena de Energía Nuclear (CCHEN) Contacto telefónico: 93194369 Pagina web: www.cchen.cl

EN CASO DE PÉRDIDA, ROBO O HURTO, LLAMAR A LA CCHEN

Precauciones



- No manipular la fuente radiactiva
- Mantener distancia
- Retener o aislar a las personas sin lesiones o el equipo, sospechosos de estar contaminados.
- No inicie labores de descontaminación y limpieza hasta recibir instrucciones de las autoridades.

EN CASO DE INCENDIO



- La radiactividad no cambia la inflamabilidad u otras propiedades de los materiales. No debe afectar los procedimientos de control del incendio y no debiera influenciar la selección de las técnicas.
- Los bultos tipo B, están diseñados para resistir hasta 800°C por 30 minutos.
- En caso de que el incendio sea mayor, considere una distancia de evacuación de 300 metros a la redonda.

IRRADIADORES INDUSTRIALES - AUTOBLINDADOS

IDENTIFICACIÓN VISUAL	
Equipo	Fuentes Radiactivas
	Primer encapsulado
	Segundo encapsulado
	Ensamble final, fuente en su interior

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Equipos	Fuentes
Tasa de dosis en contacto aprox: 35,5 μ Sv/h	Radionúclido: Cesio 137 (Cs-137)
Tipo de bulto: B	Actividad: 34.000 Ci total para 3 ensambles a mayo 2016
Etiquetado: Categoría III Amarilla	Riesgo: ALTO
Marca: Brookheaven	Tasa de dosis considerando la pérdida del blindaje a 1 metro por capsula aprox: 112 Sv/h
Modelos: BPCD	
Forma: Irradiador fijo industrial	Forma Física: Cloruro de Cesio (CsCl), encapsulada, solida, sellada.
Peso aprox: 19 toneladas	Peso: 20 gramos por capsula. (total de capsulas 120 aprox.)
Composición: Hierro y Plomo	Material: acero inoxidable
Dimensiones aprox: Ancho 200 cm x largo 200 cm x alto 170 cm	Dimensiones: ensamble final 60 cm de largo por 2,5 cm de alto. Cada capsula de 1/4 " x 1". Aprox.

Procedimientos en caso de emergencia

Equipos	Fuentes
Detección: Geiger Müller (GM) Centellador plástico Cámara de ionización Como recomendación poseer dosimetría personal.	Detección: Geiger Müller (GM) Centellador plástico Cámara de ionización Como recomendación poseer dosimetría personal.
Distancia mínima: 2 metros	Distancia mínima: 50 metros
Señalizar con cinta "Peligro material Radiactivo"	Señalizar con cinta "Peligro material Radiactivo"
No ingresar sin autorización . Solo personal calificado	No entrar al lugar sin observar los procedimientos de seguridad radiológica establecidas.
Informar a la Comisión Chilena de Energía Nuclear (CCHEN) Contacto telefónico: 93194369 Pagina web: www.cchen.cl	Informar a la Comisión Chilena de Energía Nuclear (CCHEN) Contacto telefónico: 93194369 Pagina web: www.cchen.cl

EN CASO DE PÉRDIDA, ROBO O HURTO, LLAMAR A LA CCHEN

Precauciones



- No manipular la fuente radiactiva
- Mantener distancia
- Retener o aislar a las personas sin lesiones o el equipo, sospechosos de estar contaminados.
- No inicie labores de descontaminación y limpieza hasta recibir instrucciones de las autoridades.

EN CASO DE INCENDIO



- La radiactividad no cambia la inflamabilidad u otras propiedades de los materiales. No debe afectar los procedimientos de control del incendio y no debiera influenciar la selección de las técnicas.
- Los bultos tipo B, están diseñados para resistir hasta 800°C por 30 minutos.
- En caso de que el incendio sea mayor, considere una distancia de evacuación de 300 metros a la redonda.

PLANTA IRRADIACIÓN - MULTIPROPÓSITO

IDENTIFICACIÓN VISUAL	
Instalación	Fuentes Radiactivas
	Lápices de cobalto 60
	Cápsulas de cobalto 60
	Rack con lápices de cobalto 60

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Equipos	Fuentes
Tasa de dosis en contacto aprox: 5 μ Sv/h alrededor del muro de contención	Radionúclido: Cobalto 60 (Co60)
Tipo de bulto: B (U)	Actividad: 250.000 Ci total en rack a mayo 2016
Etiquetado: Categoría III Amarilla	Tasa de dosis considerando la pérdida del blindaje a 1 metro: 2800 Sv/h riesgo : ALTO
Marca: CCHEN	
Forma: Irradiador fijo Semi-industrial	Forma Física: Cilíndrica
Peso aprox: 19 toneladas	Peso: 8 gramos por capsula.
Composición: Concreto Armado	Material: acero inoxidable
Dimensiones: 8 m de altura x 9 m de fondo x 8 m de frente.	Dimensiones: CAPSULAS: 1 cm largo por 0,5 cm diámetro LÁPICES: 20 cms. de largo por 0,6 de diámetro 1 RACK de 20 a 30 LÁPICES: 11 cms. de ancho x 160 cms. de largo.

Procedimientos en caso de emergencia

Equipos	Fuentes
Detección: Geiger Müller (GM) Centellador plástico Cámara de ionización Como recomendación poseer dosimetría personal.	Detección: Geiger Müller (GM) Centellador plástico Cámara de ionización Como recomendación poseer dosimetría personal.
Distancia mínima: 2 metros	Distancia mínima: 50 metros
Señalizar con cinta "Peligro material Radiactivo"	Señalizar con cinta "Peligro material Radiactivo"
No ingresar sin autorización . Solo personal calificado	No entrar al lugar sin observar los procedimientos de seguridad radiológica establecidas.
Informar a la Comisión Chilena de Energía Nuclear (CCHEN) Contacto telefónico: 93194369 Pagina web: www.cchen.cl	Informar a la Comisión Chilena de Energía Nuclear (CCHEN) Contacto telefónico: 93194369 Pagina web: www.cchen.cl

EN CASO DE PÉRDIDA, ROBO O HURTO, LLAMAR A LA CCHEN

Precauciones



- No entrar a la instalación
- Mantener distancia



EN CASO DE INCENDIO

- La radiactividad no cambia la inflamabilidad u otras propiedades de los materiales. No debe afectar los procedimientos de control del incendio y no debiera influenciar la selección de las técnicas.
- En caso de que el incendio sea mayor, considere una distancia de evacuación de 300 metros a la redonda.

SEPRO-CCHEN

FICHAS TÉCNICAS

Categoría Médica

RADIOTERAPIA TELETERAPIA – COBALTOTERAPIA

IDENTIFICACIÓN VISUAL	
Equipos en Chile	Fuentes Radiactivas
	

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
Equipos	Fuentes
Tasa de dosis en contacto con cabezal: 25 μ Sv/h	Radionúclido: Cobalto 60 (Co-60)
Tipo de bulto: B (U)	Actividad :13.000 Ci
Etiquetado: Categoría III	Riesgo: ALTO
Marcas: THERATRON, MEDILINK, THERATRONICS, THERMOQUEST/CE Instruments.	Tasa de dosis considerando la pérdida del blindaje a 1 metro aprox: 180 Sv/h
Modelos: THERATRON 80 y Phoenix 2.000	Forma Física: Cilíndrica, sólida, sellada
Forma: CABEZAL	Peso: 80 gramos
Peso: 200 kilos	Material: acero Zircaloy
Composición: Plomo y Uranio Depletado o Uranio 238	Dimensiones: pastilla de cobalto de 1,5 cm de alto por 1 cm de diámetro.
Dimensiones aprox: 33 cms. x 13 cms. x 25 cms.	

Procedimientos en caso de emergencia

Equipos	Fuentes	
Caso 1: En una instalación.	Caso 2: En transporte y abandono de un cabezal	Caso 3: rompimiento o violación de cabezal, extracción de fuente radiactiva, diseminación de pellet.
No entre a la instalación si no está autorizado y si no tiene dosimetría personal. El acceso debe estar señalizado y con los nombres del personal autorizado a ingresar. Los enclaves deben estar operativos.	Busque evidencia de símbolo radiactivo. Si observa que el cabezal está roto o fue cortado. No acercarse al cabezal o la estructura del equipo sin un detector de radiaciones ionizantes operativo	Busque evidencia de símbolos radiactivos Si observa que el cabezal está roto o fue cortado, no se acerque si no tiene un detector de radiaciones ionizantes operativo. Prohibido manipular cualquier componente del equipo Informe de inmediato a la autoridad competente.
Cumplir con los procedimientos de seguridad radiológica o las indicaciones del encargado de protección radiológica: 1. Ingreso de solo personal Autorizado 2. Uso de detector de radiaciones ionizantes operativo. 3. Uso de dosimetría personal y dosímetro de lectura directa 4. Herramienta Barra T para retorno de fuente.	Instrumentos de Detección Verificar que su instrumento esté operativo y con baterías cargadas. Estos pueden ser: 1. Geiger Müller 2. Cámara de Ionización 3. Centellador Plástico Es recomendable tener dosimetría personal y dosimetría de lectura directa	Instrumentos de Detección Verificar que su instrumento esté operativo y con baterías cargadas. Estos pueden ser: 1. Geiger Müller 2. Cámara de Ionización 3. Centellador Plástico Es recomendable tener dosimetría personal y dosimetría de lectura directa
Distancia mínima para realizar el retorno de la fuente en forma manual, 1 metro.	Distancia mínima de trabajo 5 metros desde el cabezal o la estructura principal del equipo. Puede ser más distancia. Dependerá del estado del cabezal o de la actividad de la fuente o fuentes radiactivas.	Distancia mínima de permanencia del equipo 50 metros a la redonda posterior a la visualización el cabezal. En caso de estar en carretera, se deberá informar a carabineros para que detenga el tránsito para evitar la posible dispersión de pellet de material radiactivo.
Tiempo máximo en la operación de retorno 2 minutos.	Señalizar con cinta de presencia de radiaciones ionizantes, o en su defecto de peligro. Se puede utilizar conos.	Señalizar con cinta de presencia de radiaciones ionizantes, o en su defecto de peligro. Se puede utilizar conos.
Informar a la Comisión Chilena de Energía Nuclear (CCHEN) Contacto telefónico: 93194369 Pagina web: www.cchen.cl	Informar a la Comisión Chilena de Energía Nuclear (CCHEN) Contacto telefónico: 93194369 Pagina web: www.cchen.cl	Informar a la Comisión Chilena de Energía Nuclear (CCHEN) Contacto telefónico: 93194369 Pagina web: www.cchen.cl

EN CASO DE PÉRDIDA, ROBO O HURTO, LLAMAR A LA CCHEN

Precauciones



**NO ENTRAR
A LA INSTALACION
MANTENER DISTANCIA**



EN CASO DE INCENDIO

- La radiactividad no cambia la inflamabilidad u otras propiedades de los materiales. No debe afectar los procedimientos de control del incendio y no debiera influenciar la selección de las técnicas.
- En caso de que el incendio sea mayor, considere una distancia de evacuación de 300 metros a la redonda.

RADIOTERAPIA TELETERAPIA – COBALTOTERAPIA

IDENTIFICACIÓN VISUAL	
Equipos en Chile	Fuentes Radiactivas
<p>Máquina y Casco del Cuchillo Gama ®</p>	<p>Diagrama que muestra la fuente radiactiva (una línea curva superior) emitiendo rayos gamma (líneas azules) que convergen en un objetivo (una zona roja en la cabeza). El objetivo está protegido por un casco colimador (una estructura azul que filtra los rayos).</p>

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
Equipos	Fuentes
Tasa de dosis en contacto con cabezal: 5 $\mu\text{Sv/h}$	Radionúclido: Cobalto 60 (Co-60)
Tipo de bulto: B (U)	Actividad :192 fuentes, c/u de 29 Ci (año 2013), equivalente a 5.570 Ci en total.
Etiquetado: Categoría III	Riesgo: ALTO
Marcas: General Electric, Nort American x-ray division	Tasa de dosis por pellet aprox 30.000 $\mu\text{Sv/h}$ c/u sin blindaje
Forma: CABEZAL	Forma Física: Cabezal esferoide.
Peso: 20.000 kilos	Peso: 7 mg cada fuente
Composición: Plástico, Plomo, Fierro.	Material: acero inoxidable
Dimensiones aprox: 4 a 5 metros de largo x 2 metros de ancho y 2,5 metros de alto	Dimensiones: volumen 0,7854 mm^3

Procedimientos en caso de emergencia

Equipos	Fuentes	
Caso 1: En una instalación.	Caso 2: En transporte y abandono de un cabezal	Caso 3: rompimiento o violación de cabezal, extracción de fuente radiactiva, diseminación de pellet.
No entre a la instalación si no está autorizado y si no tiene dosimetría personal. El acceso debe estar señalizado y con los nombres del personal autorizado a ingresar. Los enclaves deben estar operativos.	Busque evidencia de símbolo radiactivo. Si observa que el cabezal está roto o fue cortado. No acercarse al cabezal o la estructura del equipo sin un detector de radiaciones ionizantes operativo	Busque evidencia de símbolos radiactivos Si observa que el cabezal está roto o fue cortado, no se acerque si no tiene un detector de radiaciones ionizantes operativo. Prohibido manipular cualquier componente del equipo Informe de inmediato a la autoridad competente.
Cumplir con los procedimientos de seguridad radiológica o las indicaciones del encargado de protección radiológica: 1.Ingreso de solo personal Autorizado 2.Uso de detector de radiaciones ionizantes operativo. 3.Uso de dosimetría personal y dosímetro de lectura directa 4.Herramienta Barra T para retorno de fuente.	Instrumentos de Detección Verificar que su instrumento esté operativo y con baterías cargadas. Estos pueden ser: 1.Geiger Müller 2.Cámara de Ionización 3.Centellador Plástico Es recomendable tener dosimetría personal y dosimetría de lectura directa	Instrumentos de Detección Verificar que su instrumento esté operativo y con baterías cargadas. Estos pueden ser: 1.Geiger Müller 2.Cámara de Ionización 3.Centellador Plástico Es recomendable tener dosimetría personal y dosimetría de lectura directa
Distancia mínima para realizar el retorno de la fuente en forma manual, 1 metro.	Distancia mínima de trabajo 5 metros desde el cabezal o la estructura principal del equipo. Puede ser más distancia. Dependerá del estado del cabezal o de la actividad de la fuente o fuentes radiactivas.	Distancia mínima de permanencia del equipo 50 metros a la redonda posterior a la visualización el cabezal. En caso de estar en carretera, se deberá informar a carabineros para que detenga el tránsito para evitar la posible dispersión de pellet de material radiactivo.
Tiempo máximo en la operación de retorno 2 minutos.	Señalizar con cinta de presencia de radiaciones ionizantes, o en su defecto de peligro. Se puede utilizar conos.	Señalizar con cinta de presencia de radiaciones ionizantes, o en su defecto de peligro. Se puede utilizar conos.
Informar a la Comisión Chilena de Energía Nuclear (CCHEN) Contacto telefónico: 93194369 Pagina web: www.cchen.cl	Informar a la Comisión Chilena de Energía Nuclear (CCHEN) Contacto telefónico: 93194369 Pagina web: www.cchen.cl	Informar a la Comisión Chilena de Energía Nuclear (CCHEN) Contacto telefónico: 93194369 Pagina web: www.cchen.cl

EN CASO DE PÉRDIDA, ROBO O HURTO, LLAMAR A LA CCHEN

Precauciones



**NO ENTRAR
A LA INSTALACION
MANTENER DISTANCIA**



EN CASO DE INCENDIO

- La radiactividad no cambia la inflamabilidad u otras propiedades de los materiales. No debe afectar los procedimientos de control del incendio y no debiera influenciar la selección de las técnicas.
- En caso de que el incendio sea mayor, considere una distancia de evacuación de 300 metros a la redonda.

RADIOTERAPIA

BRAQUITERAPIA - BAJA - MEDIA - ALTA

IDENTIFICACIÓN VISUAL

Equipos en Chile	Fuentes Radiactivas

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Equipos	Fuentes
Tasa de dosis en contacto: 0,2 µSv/h	Radionúclido: Iridio 192 (Ir-192), Samario 153 (Sm -153), Yodo 125 (I-125), Cesio 137 (Cs-137)
Tipo de bulto: B (U)	Actividad: 10 Ci
Etiquetado: Categoría III	Riesgo: ALTO
Marcas: Nucletron, microselectron, varian, Cis Bio	Tasa de dosis considerando la perdida del blindaje a 1 metro: 59 mSv/h
	Forma Física: Cilíndrica, sólida, sellada
Modelos: Nucletron	Peso: 20 gramos
Forma: Cilíndrica	Material: acero inoxidable
Peso: 30 a 50 kilogramos	Dimensiones: 4,5 mm largo x 0,8 mm diámetro
Composición: interior plomo, carcasa metálica	
Dimensiones: 80 a 120 cm de alto	

Procedimientos en caso de emergencia

Equipos	Fuentes
Detección: Geiger Müller (GM) Centellador plástico Cámara de ionización Como recomendación poseer dosimetría personal.	Detección: Geiger Müller (GM) Centellador plástico Cámara de ionización Como recomendación poseer dosimetría personal.
Distancia mínima: 2 metros	Distancia mínima: 50 metros
Señalizar con cinta "Peligro material Radiactivo"	Señalizar con cinta "Peligro material Radiactivo"
No ingresar sin autorización . Solo personal calificado	No entrar al lugar sin observar los procedimientos de seguridad radiológica establecidas.
Informar a la Comisión Chilena de Energía Nuclear (CCHEN) Contacto telefónico: 93194369 Pagina web: www.cchen.cl	Informar a la Comisión Chilena de Energía Nuclear (CCHEN) Contacto telefónico: 93194369 Pagina web: www.cchen.cl

EN CASO DE PÉRDIDA, ROBO O HURTO, LLAMAR A LA CCHEN

Precauciones



- No entrar a la instalación
- Mantener distancia





EN CASO DE INCENDIO

- La radiactividad no cambia la inflamabilidad u otras propiedades de los materiales. No debe afectar los procedimientos de control del incendio y no debiera influenciar la selección de las técnicas.
- En caso de que el incendio sea mayor, considere una distancia de evacuación de 300 metros a la redonda.

RADIOTERAPIA

BRAQUITERAPIA - BAJA - MEDIA - ALTA

IDENTIFICACIÓN VISUAL

Equipos (Blindaje de plomo)	Fuentes Radiactivas
	 <p>Alambre de iridio platino</p>

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Equipos	Fuentes
Tasa de dosis en contacto: 0,2 μ Sv/h	Radionúclido: Iridio 192 (Ir-192)
Tipo de bulto: A	Actividad: 20 mCi
Etiquetado: Categoría III	Riesgo: ALTO
Marcas: AMERSHAM, CCHEN	Tasa de dosis considerando la perdida del blindaje a 1 metro: 770 μ Sv/h
	Forma Física: Alambre sólido.
Modelos: CCHEN	Peso: 10 a 20 gramos
Forma: Cilíndrica	Material: alambre de iridio platino
Peso: 3 a 5 kilogramos	Dimensiones: 14 cms. de largo
Composición: plomo	
Dimensiones: 8 cms. de alto x 5 cms. de diámetro	

Procedimientos en caso de emergencia

Equipos	Fuentes
Detección: Geiger Müller (GM) Centellador plástico Cámara de ionización Como recomendación poseer dosimetría personal.	Detección: Geiger Müller (GM) Centellador plástico Cámara de ionización Como recomendación poseer dosimetría personal.
Distancia mínima: 2 metros	Distancia mínima: 50 metros
Señalizar con cinta "Peligro material Radiactivo"	Señalizar con cinta "Peligro material Radiactivo"
No ingresar sin autorización . Solo personal calificado	No entrar al lugar sin observar los procedimientos de seguridad radiológica establecidas.
Informar a la Comisión Chilena de Energía Nuclear (CCHEN) Contacto telefónico: 93194369 Pagina web: www.cchen.cl	Informar a la Comisión Chilena de Energía Nuclear (CCHEN) Contacto telefónico: 93194369 Pagina web: www.cchen.cl

EN CASO DE PÉRDIDA, ROBO O HURTO, LLAMAR A LA CCHEN

Precauciones



- No entrar a la instalación
- Mantener distancia



EN CASO DE INCENDIO

- La radiactividad no cambia la inflamabilidad u otras propiedades de los materiales. No debe afectar los procedimientos de control del incendio y no debiera influenciar la selección de las técnicas.
- En caso de que el incendio sea mayor, considere una distancia de evacuación de 300 metros a la redonda.

RADIOTERAPIA

BRAQUITERAPIA - BAJA/MEDIA/ALTA

IDENTIFICACIÓN VISUAL

Equipos (Blindaje de plomo)	Fuentes Radiactivas
	

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Equipos	Fuentes
Tasa de dosis en contacto: 25 μ Sv/h	Radionúclido: Cesio 137 (Cs-137), Radio 226 (Ra-226)
Tipo de bulto: A	Actividad : 6 Ci total en el contenedor Actividad por fuente 20 – 30 mCi
Etiquetado: Categoría III	Riesgo: ALTO
Marcas: NUCLETRON, CURIETRON, GYNASTOCK	Tasa de dosis considerando la perdida del blindaje a 1 metro: 34 μ Sv/h por cada una de las semillas.
Modelos: NUCLETRON	Peso: 20 gramos
Forma: CONTENEDOR RECTANGULAR	Forma Física: Cloruro de Cesio, encapsulada, solida, sellada.
Peso: 155 kilogramos	Material: acero inoxidable
Composición: plomo	Dimensiones: 2 cms. largo x 0,2 cms. diámetro
Dimensiones: 40 cm de diámetro por 50 cm de alto	

Procedimientos en caso de emergencia

Equipos	Fuentes
Detección: Geiger Müller (GM) Centellador plástico Cámara de ionización Como recomendación poseer dosimetría personal.	Detección: Geiger Müller (GM) Centellador plástico Cámara de ionización Como recomendación poseer dosimetría personal.
Distancia mínima: 2 metros	Distancia mínima: 50 metros
Señalizar con cinta "Peligro material Radiactivo"	Señalizar con cinta "Peligro material Radiactivo"
No ingresar sin autorización . Solo personal calificado	No entrar al lugar sin observar los procedimientos de seguridad radiológica establecidas.
Informar a la Comisión Chilena de Energía Nuclear (CCHEN) Contacto telefónico: 93194369 Pagina web: www.cchen.cl	Informar a la Comisión Chilena de Energía Nuclear (CCHEN) Contacto telefónico: 93194369 Pagina web: www.cchen.cl

EN CASO DE PÉRDIDA, ROBO O HURTO, LLAMAR A LA CCHEN

Precauciones



- No entrar a la instalación
- Mantener distancia



EN CASO DE INCENDIO

- La radiactividad no cambia la inflamabilidad u otras propiedades de los materiales. No debe afectar los procedimientos de control del incendio y no debiera influenciar la selección de las técnicas.
- En caso de que el incendio sea mayor, considere una distancia de evacuación de 300 metros a la redonda.

MEDICINA NUCLEAR TERAPÉUTICOS DEL YODO 131

IDENTIFICACIÓN VISUAL

Equipos	Fuentes Radiactivas

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Equipos	Fuentes
Tasa de dosis en contacto: 0,6 mSv/h	Radionúclido: Yodo 131 (I-131)
Tipo de bulto: A	Actividad : 50 a 300 mCi
Etiquetado: Categoría III	Riesgo: ALTO
Marcas: CCHEN	Tasa de dosis considerando la pérdida del blindaje a 1 metro: >100mSv/h
Forma: Blindaje cilíndrico	Peso: 20 gramos
Peso: 2 kilogramos	Forma Física: Líquida como yoduro de sodio (NaI)
Composición: plomo y fierro	Material: Contenedor de vidrio
Dimensiones: 15 cms. de alto x 8 cms. de diámetro	Dimensiones: 2,5 cms. de diámetro x 5,5 cms. de alto.

Procedimientos en caso de emergencia

Caso 1	Caso 2	Caso 3
Exposición Externa por derrame, pérdida de control	Contaminación Interna por inhalación e ingestión	Contaminación externa por contacto directo en piel
Manténgase a distancia no menor de 3 metros.	Identificar con el detector de radiación las zonas del cuerpo.	Identificar con detector de contaminación de superficie la zona afectada.
Señalizar con cinta "Peligro material Radiactivo" y avisar al encargado del área.		Contaminación referencial: - Homogénea 60 mSv/h. - Una gota 21 mSv/h
No ingresar sin autorización . Solo personal calificado.		Realizar de inmediato una descontaminación superficial con agua y jabón neutro, no más de tres veces.
Para habilitar el área, utilice procedimiento con elementos de protección personal y Evite el contacto directo con el material radiactivo.		Ropa y objetos contaminados , depositarlas en bolsas señalizadas y aislarlas en un lugar de poco transitado.
Informar a la Comisión Chilena de Energía Nuclear (CCHEN) Contacto telefónico: 93194369 Pagina web: www.cchen.cl	Informar a la Comisión Chilena de Energía Nuclear (CCHEN) Contacto telefónico: 93194369 Pagina web: www.cchen.cl	Informar a la Comisión Chilena de Energía Nuclear (CCHEN) Contacto telefónico: 93194369 Pagina web: www.cchen.cl

EN CASO DE PÉRDIDA, ROBO O HURTO, LLAMAR A LA CCHEN

Precauciones



**NO ENTRAR
A LA INSTALACION
MANTENER DISTANCIA**



EN CASO DE INCENDIO

- El personal de rescate debe utilizar elementos de protección personal obligatorios (Trajes autónomos, dosímetros, detectores y máscara con filtro de carbón activado como mínimo para aplicar los procedimientos de rescate), aislar el área mínimo 300 metros para la futura evaluación de la CCHEN.

CAPÍTULO 3

**Protección
Radiológica**



INTRODUCCIÓN

El objeto principal de la Protección Radiológica es asegurar un nivel apropiado de protección a las personas y al medio ambiente sin limitar de forma indebida las prácticas beneficiosas de la exposición a las radiaciones. Para ello es necesario establecer normas que garanticen la prevención de la incidencia de efectos biológicos del tipo deterministas (manteniendo las dosis por debajo de un umbral determinado) y la aplicación de todas las medidas razonables para reducir la aparición de efectos biológicos estocásticos (probabilísticos) a niveles aceptables.

Las radiaciones ionizantes son invisibles, no las sentimos, por ello la proximidad de una fuente radiactiva pueden presentar riesgos de **irradiación y contaminación a las personas y el medio ambiente**.

La protección radiológica tiene por finalidad proteger a los individuos más expuestos a las distintas prácticas de las radiaciones ionizantes tanto en el área industrial y médica.

Las dosis de radiación recibidas por las personas no deben superar los límites establecidos en la normativa internacional y nacional, siguiendo las recomendaciones, para cada circunstancia del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) a través del Comisión internacional de protección radiológica (ICRP).

3.1 RADIACIÓN Y RADIATIVIDAD EN PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

Para entender correctamente los peligros asociados a los materiales radiactivos y las precauciones que son necesarias, es importante tener ciertos conocimientos básicos de la radiación. La radiación es la energía que emiten o irradian los átomos en estado excitado. Los materiales que contienen átomos en dicho estado pueden ser naturales o artificiales. Es imposible aislarse completamente de la radiación natural; no obstante, los niveles de radiación son bajos.

Cuando se habla de radiación, la mayoría de las personas piensa en las emitidas por los átomos. Sin embargo, hay muchos tipos de radiación. La luz visible, el calor, las ondas de radio, y las microondas son forma de radiación, cuando se menciona la palabra radiación en esta guía nos referimos al tipo de radiación llamada radiación

ionizante, que es un tipo de radiación con energía suficiente para arrancar electrones de un átomo.

La radiación ionizante puede ser dada por diferentes formas: partículas alfa (α), partículas beta (β), neutrones (n), rayos (x) y rayos gamma (γ).

Los rayos gamma y X son ondas electromagnéticas que pueden viajar muchos metros a través del aire desde el núcleo que lo emite, es muy difícil blindarlos solo se puede disminuir su energía con blindajes de alta densidad. Su alta penetración o alcance de estas pueden generar daños a las personas.

Los rayos X son producidos por una máquina de rayos X solo cuando ésta recibe una alimentación de miles de voltios. Aunque son similares a los rayos gamma, los rayos X tienen habitualmente longitudes de onda mayores y por lo tanto transportan menos energía y son menos penetrantes.

Los rayos gamma provenientes del iridio 192 (Ir-192) tienen menos energía que los producidos por el cobalto 60 (Co-60). Se trata de diferencias útiles que permiten escoger entre una amplia gama de radionucleídos artificiales aquél que emite las radiaciones que más convienen para una aplicación determinada.

Las partículas alfa en general son más lentas que las partículas beta, pero como se trata de partículas más pesadas son emitidas generalmente con una mayor energía. Las partículas alfa se usan en aplicaciones que requieren una ionización intensa en distancias cortas, tal como los eliminadores de carga estática y los detectores de humos.

Las partículas beta son electrones y también pueden tener una gama de diferentes energías. Por ejemplo, las partículas beta provenientes de una radionúclido como el hidrógeno 3 (H-3) son más lentas y por lo tanto tienen casi una centésima parte de la energía de las partículas beta provenientes de radionúclidos diferentes, tales como el fósforo 32 (P-32).

La radiación de neutrones puede generarse de diversas maneras. La más común consiste en mezclar una sustancia radiactiva, tal como el americio 241 (Am-241), con berilio (Be). Cuando las partículas alfa colisionan con el berilio, se produce una reacción especial emitiéndose neutrones rápidos (de alta energía). El americio 241 también emite rayos gamma y de esa manera la fuente compuesta de americio 241/berilio produce neutrones y rayos gamma. Otra manera de generar neutrones es la

utilización de una máquina generadora de radiaciones con una combinación de alta tensión eléctrica y blancos especiales (ánodos). Las sustancias especiales situadas dentro de la máquina combinadas con altas tensiones pueden generar gran número de neutrones con una energía sumamente alta.

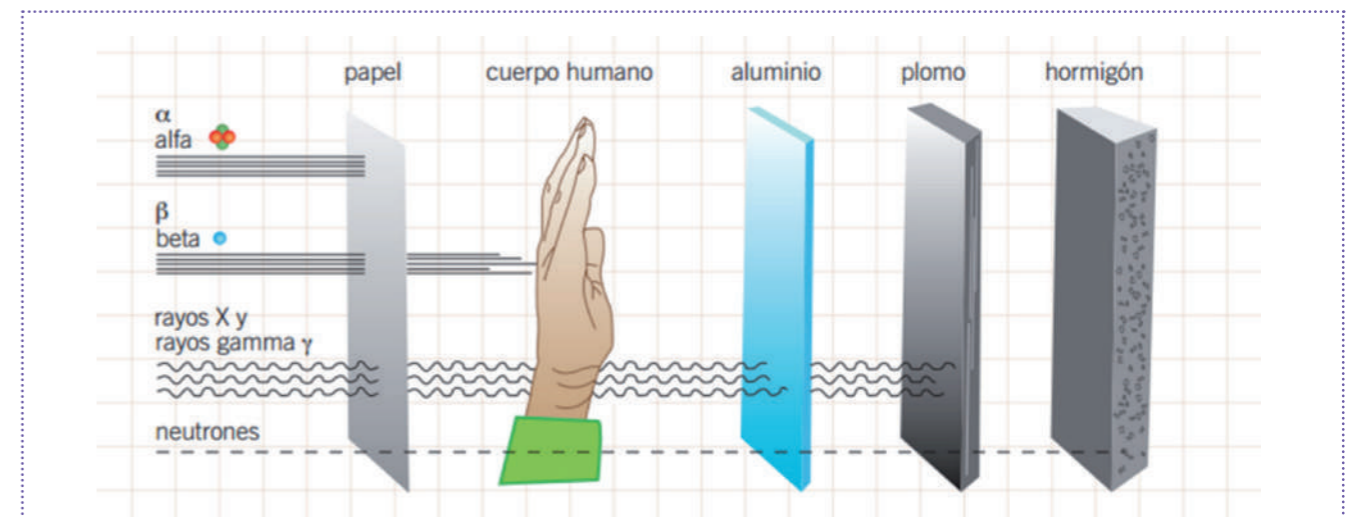


Figura 17: Materiales que atenúan las radiaciones ionizantes.

Vida media es el parámetro que expresa naturalmente el ritmo de la desintegración de un radionúclido y se define como el promedio de duración de los átomos del mismo hasta su transformación espontánea. Matemáticamente se deduce que vida media (τ) es el inverso de la constante de desintegración (λ).

Período de Semidesintegración ($T_{1/2}$) se llama al tiempo que tardan en transmutarse la mitad de los átomos radiactivos de una muestra, Debido a la forma exponencial de desintegración, la muestra puede tardar mucho tiempo en convertirse en inactiva. Esto, unido a que no se pueden acelerar los procesos de desintegración, es uno de los peligros de la radiactividad.

Si tenemos un millón de átomos radiactivos y el periodo de semidesintegración es un año, tardarán un año en convertirse en 500.000. Pero transcurrido otro año aún quedarán 250.000, y en otro más quedarán 125.000. Cada vez se desintegran menos átomos en un mismo tiempo.

Vida media (τ)	Periodo de Semidesintegración ($T_{1/2}$)
$\tau = \lambda^{-1}$	$T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$

Tabla 3: Radionucleídos utilizados en la guía con sus semiperiodos.

Radionucleídos	Semiperiodo $T_{1/2}$
Cesio 137	30,1 años
Iridio 192	74,2 días
Cobalto 60	5,27 años
Selenio 75	120 días
Yodo 131	8,04 días
Yodo 125	4,15 días
Radio 226	1600 años
Samarium 153	46,3 horas

Contaminación Radiactiva

La contaminación radiactiva normalmente es el resultado de una pérdida del control sobre los materiales radiactivos durante la producción o el uso de isótopos o el mal manejo de equipos en prácticas médicas o industriales. La contaminación radiactiva puede también ser el resultado inevitable de determinados procesos (Incendio, Caídas, Impactos, explosivos, etc.)

Irradiación por Fuentes Radiactivas

Proceso el cual tiene como exponerse a una exposición a las radiaciones ionizantes que pueden provenir de sustancias radiactivas, que emiten dichas radiaciones de forma espontánea, o de generadores artificiales, tales como los generadores de Rayos X, los aceleradores de partículas y aquellas fuentes artificiales en uso en prácticas médica e industriales.

3.2 UNIDADES UTILIZADAS EN PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

Dosis Equivalente

En protección radiológica se utiliza la unidad del sievert (Sv), es la cantidad de energía absorbida equivalente en un tejido u órgano dada por un tipo de radiación ionizante considerando un peso de un órgano (correspondiente a un factor de ponderación).

Tabla 4: Conversión de unidades de dosis equivalente.

Conversión de unidades de dosis equivalente			
100 Sv	=10 ² Sv	=10000 Rem	=10 ⁴ Rem
10 Sv	=10 ¹ Sv	=1000 Rem	=10 ³ Rem
1 Sv	=10 ⁰ Sv	=100 Rem	=10 ² Rem
100 mSv	=10 ⁻¹ Sv	=10 Rem	=10 ¹ Rem
10 mSv	=10 ⁻² Sv	=1 Rem	=10 ⁰ Rem
1 mSv	=10 ⁻³ Sv	=100 mRem	=10 ⁻¹ Rem
100 µSv	=10 ⁻⁴ Sv	=10 mRem	=10 ⁻² Rem
10 µSv	=10 ⁻⁵ Sv	=1 mRem	=10 ⁻³ Rem

Tasa de Dosis

La tasa de dosis es la dosis recibida en un cierto tiempo. La unidad usada es microsievert por hora (µSv/h). Si una persona está 2 horas en una zona donde hay una tasa de dosis de 10 µSv/h, entonces recibirá una dosis de 20 µSv.

Actividad de las Fuentes

La actividad de una fuente se mide en becquerles (Bq) e indica el número de átomos del radionucleído que se desintegran por segundo (dps o S-1). 1 Becquerel equivale a 1 átomo desintegrado por segundo

Las aplicaciones industriales y médicas requieren habitualmente fuentes selladas con actividades de miles o millones de becquerles. Un método conveniente para expresar números tan grandes consiste en la utilización de prefijos, como por ejemplo:

- 1.000 becquerles se escribe 1 kilobecquerel (1 kBq);
- 1.000.000 de becquerles se escribe 1 megabecquerel (1 MBq);
- 1.000.000.000 de becquerles se escribe 1 gigabecquerel (1 GBq);
- 1.000.000.000.000 de becquerles se escribe 1 terabecquerel (1 TBq).

Una unidad de actividad más antigua que se sigue usando, el curio (Ci), se definió originalmente como la actividad de un gramo de radio 226. En términos modernos:

Un curio equivale a 37.000.000.000 dps, es decir, 37 GBq

Tabla 5: Conversión de unidades de actividad.

Relaciones de los múltiplos y submúltiplos de las unidades de Actividad			
1 Ci	=	3,7 x10 ¹⁰ des/s	= 37 GBq
1mCi	=	3,7 x10 ⁷ des/s	= 37 MBq
1 µCi	=	3,7 x10 ⁴ des/s	= 37 kBq
1 nCi	=	3,7 x10 ⁰ des/s	= 37 Bq
1 pCi	=	3,7 x10 ⁻² des/s	= 37 mBq

3.3 DETECTORES USADOS EN PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

La radiación no puede ser detectada por ninguno de nuestros sentidos. Un operador con la formación debida puede valerse de instrumentos de medición radiológica para detectar la radiación con gran facilidad y exactitud.

Un detector de radiación es cualquier medio material activo o pasivo que nos permite registrar alguna propiedad de un campo de radiación ionizante.

La capacidad de detección dependerá de la cantidad y el tipo de radiación que emite la fuente.

- Un detector "activo" es aquel que necesita un sistema electrónico de lectura en funcionamiento mientras es irradiado para obtener la señal. (Ej. Cámara de ionización de aire)
- Un detector "pasivo" es aquel que puede ser utilizado sin necesidad de registro electrónico durante el proceso de irradiación. (Ej. Placa fotográfica utilizada en dosímetros)

Podemos también dividir a los detectores dependiendo de si la señal que ofrecen es el resultado de integrar todos los efectos de múltiples interacciones individuales ("integradores") o bien detectores que funcionan en base a las interacciones de una sola partícula individual ("contadores").

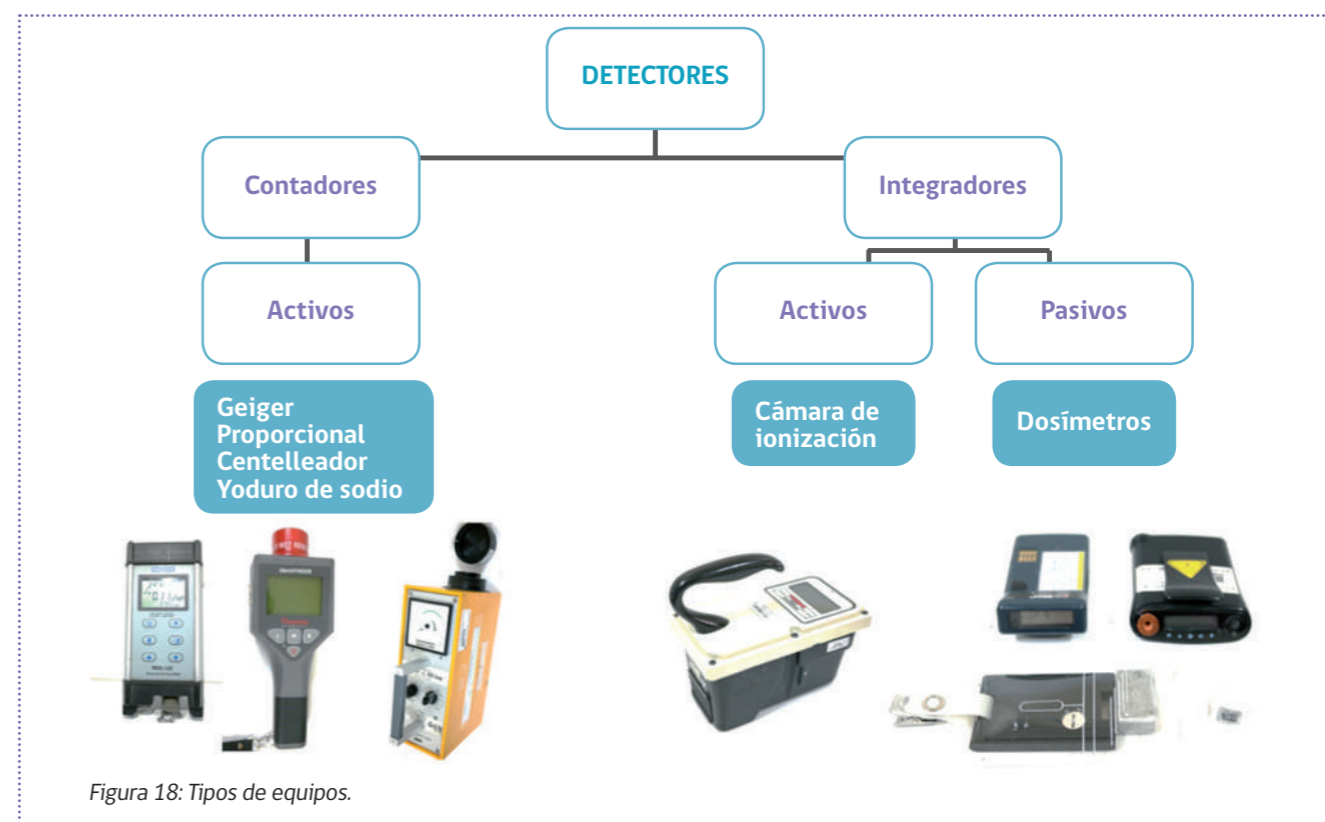


Figura 18: Tipos de equipos.

3.4 MÉTODOS FUNDAMENTALES PARA PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

Las medidas necesarias para limitar la exposición de los individuos se pueden tomar mediante la aplicación de acciones en cualquier punto del sistema que vincula las fuentes con los individuos.

Tales acciones pueden aplicarse sobre:

- La fuente emisora de radiación ionizante.
- El medio ambiente, es decir, los caminos por los que las radiaciones de las fuentes pueden llegar a los individuos.
- Los individuos expuestos.

Los riesgos de irradiación a que están sometidos los primeros actuantes se reducen aplicando las siguientes medidas generales de protección:

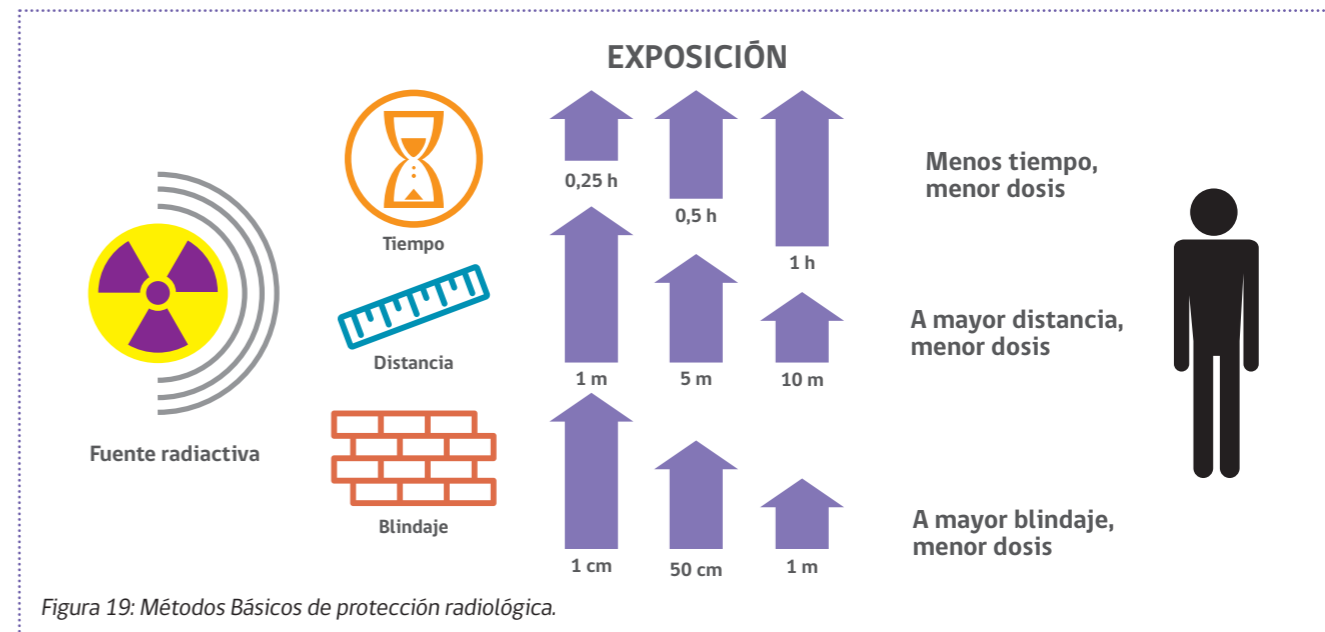


Figura 19: Métodos Básicos de protección radiológica.



1. Tiempo

La dosis de radiación es proporcional al tiempo pasado en el campo de radiación. El trabajo en un área de radiación debe realizarse rápida y eficientemente. Es importante que los trabajadores no se distraigan en otras tareas ni en conversaciones. Sin embargo, un trabajo demasiado rápido puede provocar errores. Debido a esto el trabajo se prolonga más, lo que se traduce en una mayor exposición. Siempre el trabajo debe tener una adecuada preparación.

2. Distancia.

La radiación ionizante en el aire se propaga en línea recta. En esas circunstancias la radiación diverge simplemente de una fuente radiactiva y la tasa de dosis disminuye según la inversa del cuadrado de la distancia medida desde la fuente.

Por ejemplo:
 Si la tasa de dosis medida a 1 m es de 400 µSv/h;
 la tasa de dosis esperada a 2 m será de 100 µSv/h;
 la tasa de dosis esperada a 10 m será de 4 µSv/h;
 la tasa de dosis esperada a 20 m será de 1 µSv/h;

La distancia tiene un efecto decisivo en cuanto a reducir la tasa de dosis.

3. Blindaje.

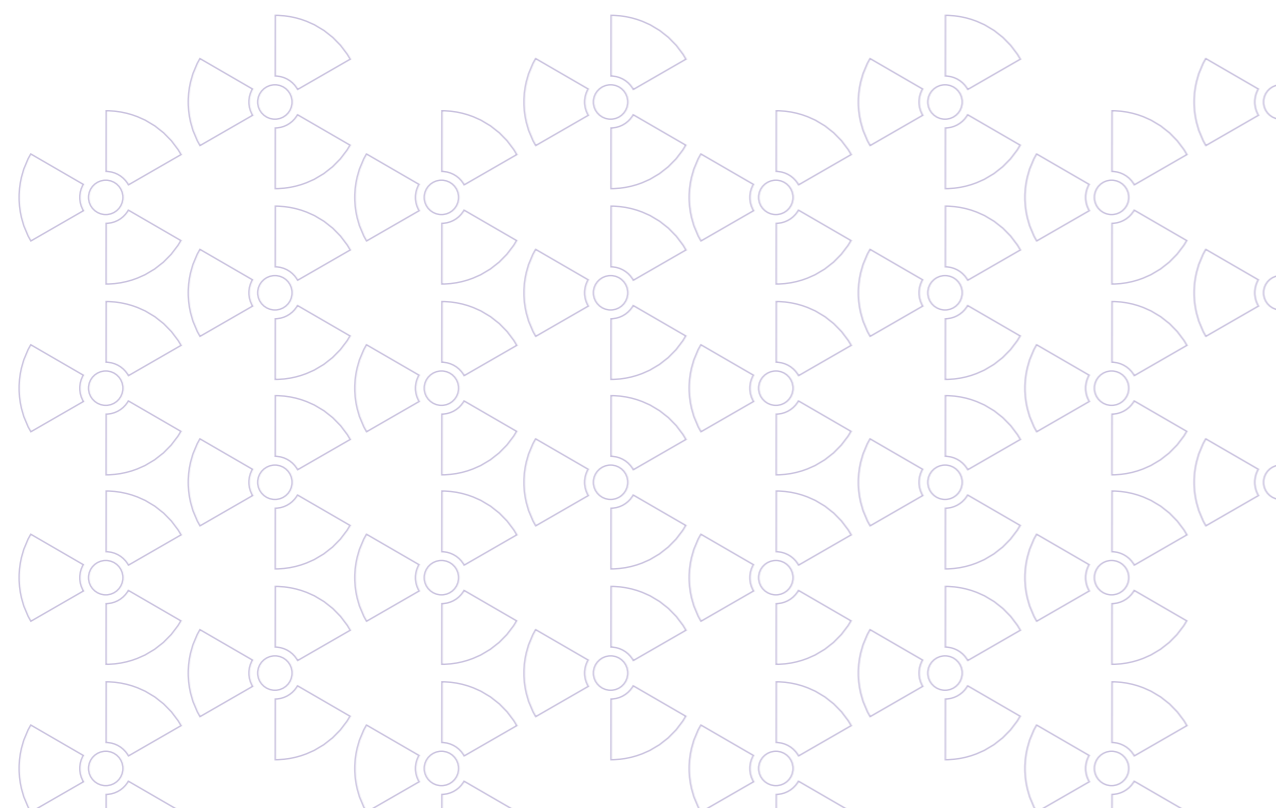
En los casos en que los dos factores anteriores no sean suficientes, será necesario interponer un espesor de material absorbente, blindaje, entre el operador y la fuente de radiación.

Según sea la energía y tipo de la radiación, será conveniente utilizar distintos materiales y espesores de blindaje.

Tabla 6: Blindajes respecto al tipo de radiación ionizante.

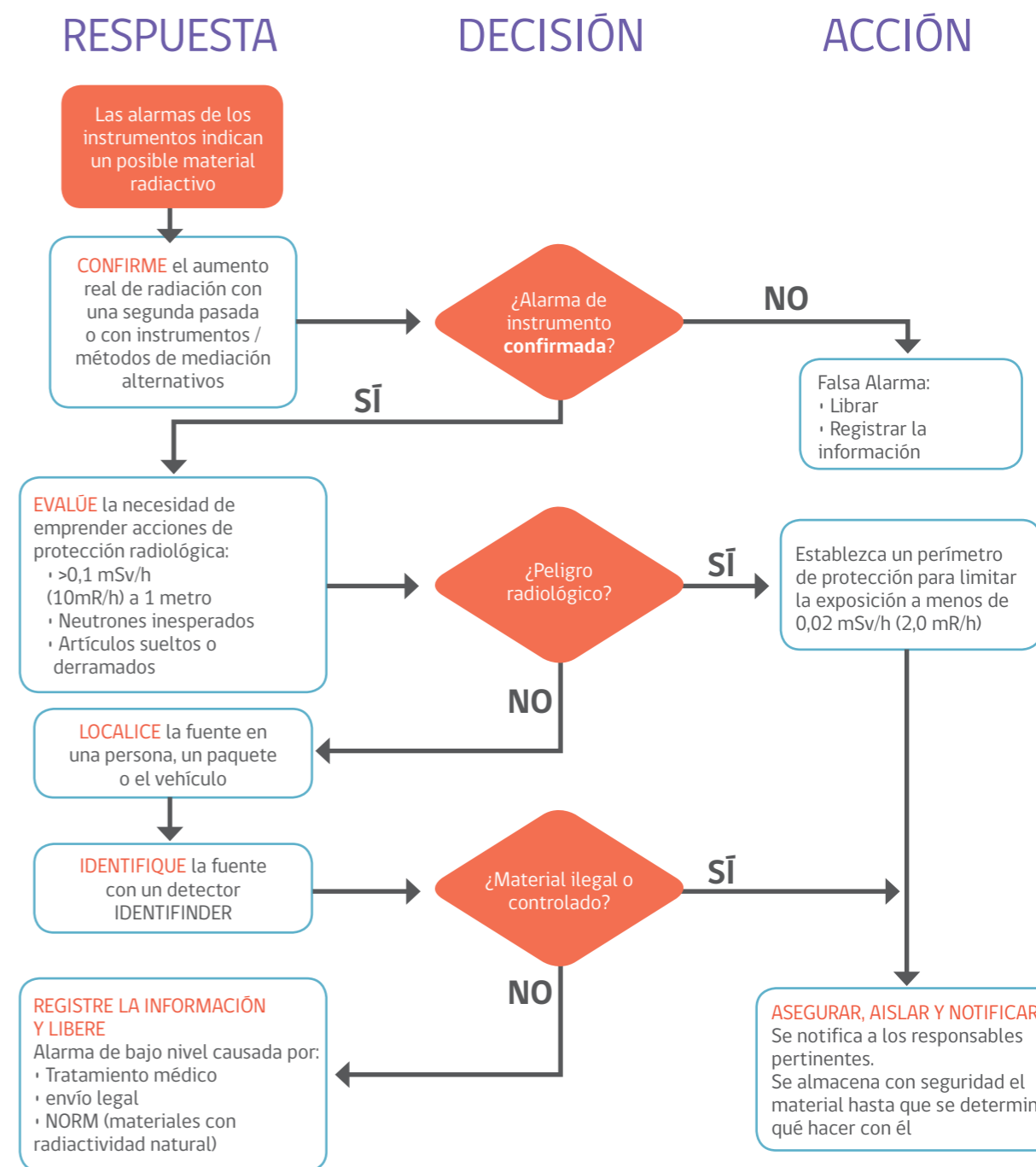
Ejemplos de blindajes para diferentes radiaciones ionizantes	
Gamma y rayos x	Concreto, Plomo
Partículas de Neutrones	Concreto, agua, parafina solida
Partículas alfa	Papel
Partículas Beta	Aluminio, plástico, cobre, hierro

Nota: todos los blindajes recomendados deben considerar una distancia apropiada para cada emisión según sus características y sus energías.



¿Qué hacer si se encuentra un elemento con una fuente radioactiva?

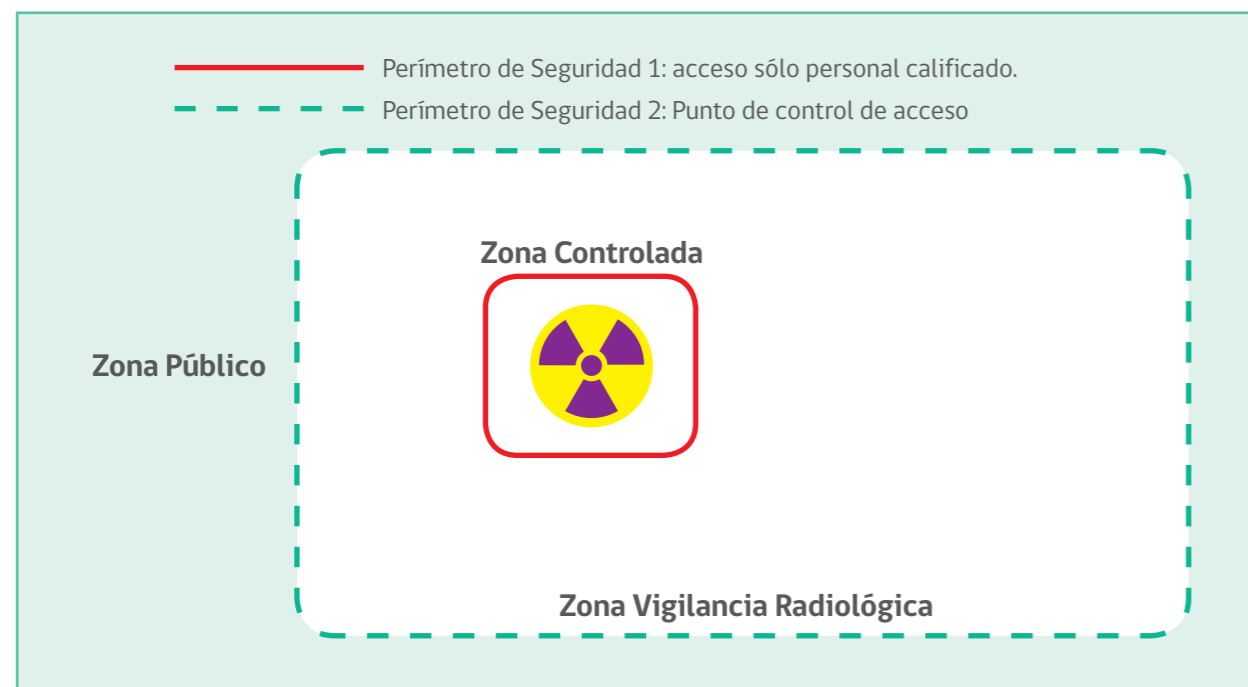
Diagrama de flujo de la respuesta inicial cuando se identifique un material posiblemente radiactivo



Respuesta ante una emergencia radiológica

Planificación de zonas y medidas de protección para las personas que actúan ante una emergencia radiológica.

- Adoptar medidas inmediatas para mitigar una emergencia
- Proteger a las personas en el emplazamiento
- Notificar a los responsable y recomendar medidas protectoras y asistencia técnica
- Proporcionar una vigilancia radiológica inicial.



	Zona Pública	Zona Vigilancia radiológica	Zona Controlada
Características	<ul style="list-style-type: none"> • Zona libre de contaminación • < 0,3 $\mu\text{Sv/h}$ • Área de recepción de personas, vehículos, prensa • Control de información pública 	<ul style="list-style-type: none"> • Personal calificado • Toma de Muestras • Medición radiológica de área y personas. • Evaluación de la situación. • Instrumentación y ropa adecuada. 	<ul style="list-style-type: none"> • Fuente localizada y evaluación • Tiempo de permanencia controlado. • Portar elementos de protección personal e instrumentación adecuada al origen. • Toma de muestras.
Distancia recomendada	> 300 metros	100 a 300 metros	30 metros

Vehículo de Emergencia



CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL VEHÍCULO	
Tipos de Servicios	Equipamiento
ATENCIÓN A EMERGENCIAS DE PRIMERA CATEGORÍA INDUSTRIAL Y MÉDICA	INSTRUMENTACIÓN PORTÁTIL PARA MONITOREO DE ÁREA, para Alfa, beta y gamma.
LABORATORIO MOVIL	Bomba de alto flujo de aire
ASISTENCIA A INSTALACIONES	Analizador de espectrometría gamma
VISITAS TÉCNICAS	LAVABO DE DESCONTAMINACIÓN
MUESTREO DE AIRE Y SUPERFICIES	Silla de Ruedas
CUANTIFICACION E IDENTIFICACIÓN DE CONTAMINACIÓN.	Camilla
IDENTIFICADOR DE FUENTES RADIATIVAS	ELEMENTOS DE PROTECCIÓN PERSONAL (MASCARAS CON FILTRO, GUANTES, EQUIPO AUTÓNOMO, ETC)

Números de Emergencia

Informar a la Comisión Chilena de Energía Nuclear (CCHEN)
 Contacto OPRA: (56 9) - 93194369
 Sitio web: www.cchen.cl

3.5 EFECTOS DE LAS RADIACIONES IONIZANTES

Los usos industriales y médicos de las radiaciones no presentan riesgos sustanciales de radiación para los trabajadores y no deben dar lugar para esos trabajadores a una exposición a las radiaciones que alcancen un nivel que se consideraría inaceptable.

Los efectos de las radiaciones que han ido estudiados por los órganos internacionales, por ejemplo ICRP y el OIEA son:

- **Efectos a corto plazo**, tales como quemaduras y cataratas de los ojos. (Efectos determinísticos)
- **Efectos a largo plazo**, tales como aumento en la disposición a la leucemia y otros cánceres. (Efectos estocásticos también llamados efectos probabilísticos)
- **Efectos hereditarios.**



Toda práctica mal utilizada provoca daños importantes a la salud, sin embargo, al realizar trabajos programados y bajo el marco legal nos lleva a las buenas prácticas y a un trabajo seguro.

Referencias

1. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, SAFETY REQUIREMENTS No. TS-R-1, Regulation for the safe transport of radioactive material, 2009 edition.
2. GUÍA PRACTICA PARA LA RÁPIDA IDENTIFICACIÓN DE FUENTES RADIATIVAS Y EQUIPOS QUE LAS CONTIENEN, OIEA, 2000.
3. MÉTODO PARA ELABORAR DISPOSICIONES DE RESPUESTAS A EMERGENCIAS NUCLEARES O RADIOLÓGICAS, OIEA, 2009
4. MANUAL DE RESPUESTAS ANTE POSIBLES MATERIALES RADIATIVOS, DEPARTAMENTO DE ENERGÍA DE ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA, 2005.
5. MANUAL PRACTICO DE SEGURIDAD RADIOLÓGICA, USOS TERAPÉUTICOS DEL YODO 131, OIEA, 1994.
6. MANUAL PARA PRIMEROS ACTUANTES ANTE EMERGENCIAS RADIOLÓGICAS, CTIF, OIEA, OPS Y OMS, AGOSTO 2007.
7. SISTEMA NACIONAL DE AVERIGUACIÓN DE EVENTOS RADIOLÓGICOS, COMISIÓN NACIONAL ENERGÍA NUCLEAR, RIO DE JANEIRO JUNIO 2000.
8. INFORMACIÓN ESTADÍSTICA DE PRIMERA CATEGORÍA A NIVEL NACIONAL, DSNR, COMISIÓN CHILENA DE ENERGÍA NUCLEAR, 2015.
9. COMISIÓN INTERNACIONAL DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA, ICRP 60, 1990.
10. IDENTIFICACIÓN DE FUENTES Y DISPOSITIVOS RADIATIVOS, OIEA, 2009.
11. CLASIFICACIÓN DE LAS FUENTES RADIATIVAS, OIEA, 2009.
12. REGLAMENTO PARA EL TRANSPORTE SEGURO DE MATERIALES RADIATIVOS, OIEA, 2005.

ANEXOS



ANEXO I: MARCO LEGAL

B.1 Marco Legal Nacional (indicar todas las leyes, decretos Autorizaciones)

- Decreto Supremo 725/1967 del Ministerio de Salud "Código Sanitario"
- Art. 86, Competencia para:
- Autorizar Instalaciones Radiactivas (lugar donde se produzcan, traten, manipulen, almacenen o utilicen materiales radiactivos o equipos que generen radiaciones ionizantes).
- Autorizar todo lo relacionado con sustancias radiactivas (producción, fabricación, adquisición, posesión, uso, manipulación, almacenamiento, importación, exportación, distribución, venta, transporte, abandono o desecho).
- LEY 18.302/1984 del Min. Minería "Ley de Seguridad Nuclear"

Establece el marco jurídico para el desarrollo de actividades nucleares nacionales y otorga a la Comisión Chilena de Energía Nuclear el carácter de organismo regulador fiscalizador.

- LEY 18.730/1988 del Min. Minería "Modifica Ley N°18.302/1984, en su Art. 67"
Definiendo como encargado de dictar las normas referentes a las Instalaciones Radiactivas a la Comisión Chilena de Energía Nuclear y como autoridad competente en las Instalaciones de 1ª categoría. Otorga la competencia a los Servicios de Salud sobre las Instalaciones de 2ª y 3ª categoría, en cuanto a autorizaciones y control.
- Decreto Supremo 133/1984 del Ministerio de Salud Reglamento sobre autorizaciones para instalaciones radiactivas o equipos generadores de radiaciones ionizantes, personal que se desempeña en ellas, u opere tales equipos y otras actividades afines.
- Decreto Supremo 87/1984 del Ministerio de Minería Reglamento de protección física de las instalaciones y de los materiales nucleares.

- Decreto Supremo 3/1985 del Ministerio de Salud Aprueba reglamento de protección radiológica de instalaciones radiactivas.
 - Decreto Supremo 12/1985 del Ministerio de Minería Reglamento para el transporte seguro de materiales radiactivos
 - Decreto con fuerza de Ley D.F.L. 1/1989 del Ministerio de Salud
 - Determina materias que requieren autorización sanitaria expresa (Art. 1º)
- 36.- Operación instalaciones radiactivas 2ª y 3ª categoría.
37.- Cierre temporal o definitivo de instalaciones radiactivas 2ª categoría.
38.- Operación equipos generadores radiaciones ionizantes móviles.
39.- Personas que se desempeñan en instalaciones radiactivas o equipos generadores de radiaciones ionizantes.
40.- Importación, exportación, venta, distribución, almacenamiento y abandono o desecho de sustancias radiactivas

ANEXO II: EJERCICIOS PRÁCTICOS Y UNIDADES RELACIONADAS

La tasa de dosis se obtiene utilizando la ecuación siguiente:

$$\text{Tasa de dosis} = \text{Factor gamma} \times \text{actividad de la fuente} \times (\text{distancia})^{-2}$$

El factor gamma (Γ) es la tasa de dosis absorbida en mSv/h a 1 m de 1 GBq del radionúclidos; la actividad de la fuente se expresa en gigabequerelios; la distancia se expresa en metros desde la fuente hasta el punto de interés.

Tabla 7: Factor Gamma.

Radionúclidos Emisor gamma	Factor gamma $\Gamma \left[\frac{\text{mSv} \cdot \text{m}^2}{\text{h} \cdot \text{GBq}} \right]$
Cesio 137	0,089
Iridio 192	0,129
Cobalto 60	0,356
Selenio 75	0,232
Yodo 131	0,059
Yodo 125	0,019
Radio 226	0,223
Samario 153	0,002

Ejemplo de cálculo:

1) ¿Cuál será a 5 m la tasa de dosis de 400 GBq de Iridio 192?

$$\text{Tasa Dosis} = \frac{\Gamma \times A}{D^2} = \frac{0,13 \times 400}{5^2} \text{ (mSv/h)} = 2,08 \text{ mSv/h}$$

2) A 15 cm de una fuente de Cesio 137 se mide una tasa de dosis de 1 mSv/h

¿Cuál es la actividad de la fuente?
Tasa de Dosis = $1 \text{ mSv/h} = \frac{0,081 \times \text{Actividad mSv/h}}{0,0225}$

$$\text{Actividad} = \frac{1 \times 0,0225 \text{ GBq}}{0,081} = 0,278 \text{ GBq}$$

3) Una tasa de dosis de 780 $\mu\text{Sv/h}$ se mide a partir de 320 GBq de cobalto 60

¿ A que distancia está situada la fuente?
Tasa de dosis = $0,78 \text{ mSv/h} = \frac{0,351 \times 320 \text{ mSv/h}}{d^2}$

$$\text{Distancia} = \sqrt{\frac{0,351 \times 320 \text{ m}}{0,78}} = 12 \text{ m}$$

La dosis de radiación y sus unidades de medida

Magnitud	Definición	Unidades
Dosis absorbida D	Cociente entre la energía media (dE) cedida por la radiación a la materia en un elemento de volumen, y la masa (dm) del mismo.	Unidad del S.I.: Gray (Gy). 1Gy = 1 Julio/kg Unidad histórica: rad. 1 rad= 0,01 Gy
Dosis Equivalente H	Es una ponderación de la Dosis Absorbida, para tener en cuenta el tipo de radiación, de acuerdo con su potencialidad para producir efectos biológicos. $H = D \cdot W_R$ W_R - Factor de ponderación de la radiación	Unidad del S.I.: Sievert (Sv). 1 Sv = 1 julio/kg Unidad histórica: rem. 1 rem= 0,01 Sv. Valores de W_R : 1 Radiación X, beta, gamma, electrones y positrones 5 Protones 5 a 20 Neutrones, según su energía 20 Radiación alfa, núcleos pesados
Dosis Efectiva E	Es una suma ponderada de las dosis medias recibidas por los distintos tejidos y órganos del cuerpo humano. $E = \sum W_T \cdot H_T$ Los factores W_T son representativos del detrimento, o contribución al riesgo total de daños biológicos, que supone la irradiación de cada órgano individual.	Sievert (Sv) Valores de W_T : 0,01 Sup. Huesos, Piel 0,05 Bazo, mama, Hígado, Esófago, Tiroides, Resto 0,12 Colon, Pulmón, Médula Roja, Estómago 0,20 Gónadas
Compromiso de dosis (Dosis comprometida)	Tras una ingestión o inhalación de material radiactivo, dependiendo de su metabolismo, éste puede permanecer en el organismo durante mucho tiempo. Se denomina compromiso de dosis, o dosis comprometida, a la dosis acumulada por dicha causa durante un cierto período. (Habitualmente 50 años)	
Dosis colectiva	Es la suma de las dosis (generalmente se aplica a la dosis efectiva) recibidas por un colectivo de población que esté expuesta a una misma fuente de radiación. Se expresa en Sievert x Persona	

ANEXO III: CLASIFICACIONES DE LAS CATEGORÍAS.

En esta guía se habla de dos categorizaciones a saber:

- **Categoría Chilena**
- **Categoría OIEA**

Categoría Chilena (CL)

Según la Ley Chilena por DECRETO N°133, del 22 de Mayo de 1984, ARTICULO 7°, las instalaciones radiactivas se clasificaran en tres categorías.

Tabla 8: Descripción de Categorías en Chile.

Categoría	
1	Aceleradores de partícula, plantas de irradiación, laboratorios de alta radio toxicidad, radioterapia y roentgenoterapia profunda, gammagrafía y radiografía industrial.
2	Laboratorios de baja radio toxicidad, rayos X para diagnóstico médico o dental, radioterapia y roentgenoterapia superficial.
3	Equipos de fuente sellada de uso industrial, tales como: pesómetros, densitómetros, medidores de flujo y de nivel, detectores de humo, medidores de espesores, etc. Fuentes patrones, estimuladores cardiacos radio isotópicos, marcadores o simuladores de uso médico, equipo de Rayos X para control de equipaje, correspondencia, etc., fluoroscopia industrial y difracto metros.

Categoría OIEA

El Organismo Internacional de Energía Atómica ha creado un sistema de categorización de fuentes radiactivas relativo al potencial de las fuentes de causar daño a la salud humana. Para ello se utilizan dos valores:

D = Niveles de actividad específico de los radionúclidos en unidades de Bq

A = Actividad de un material radiactivo en unidades de Bq

Coefficiente de actividad = A/D

Obtenido el coeficiente de actividad A/D, las categorías son las siguientes:

Tabla 9: Descripción de Categorías OIEA.

Coefficiente de Actividad A/D (b)	Fuente y práctica (a)	Categoría
$\frac{A}{D} \geq 1000$	Teleterapia. Irradiadores	1
$1000 > \frac{A}{D} \geq 10$	Radiografía industrial Braquiterapia de tasa de dosis media-alta	2
$10 > \frac{A}{D} \geq 1$	Medidores industriales fijos con fuentes de alta actividad Sondas de pozos	3
$1 > \frac{A}{D} \geq 0,01$	Braquiterapia de baja tasa de dosis Calibradores industriales Densitómetros óseos Eliminadores de estática	4
$0,01 > \frac{A}{D}$ y A > exenta	Fuentes de comprobación de equipos PET.	5

Siendo las de categoría 1 las fuentes más peligrosas, en las cuales una exposición de tan solos unos minutos frente estas fuentes sin blindajes podría ser mortal.

En esta clasificación se dejan afuera los dispositivos generadores de radiaciones como los aparatos de rayos x (dispositivos sin fuentes radiactivas) no así las fuentes radiactivas que estos generan.

- En la asignación de fuente no solo se ha considerado el factor A/D, tales como, propiedades físicas, químicas.
- En esta columna puede utilizarse para determinar la categoría de una fuente meramente en función de A/D. Esto quizás sea apropiado, por ejemplo, si la práctica se desconoce o no se encuentra en la lista, si las fuentes tienen un periodo breve de semi desintegración y/o si no están selladas, o si se trata de fuentes agregadas.
- Para la utilización más exhaustiva de las categorizaciones más allá del factor A/D véase Norma de Seguridad del OIEA. N° RS-G-1.9

Explicación básica para el entendimiento de las categorías.

Tabla 10: Descripción de Categorías OIEA.

Categoría	Riesgo de proximidad a la fuente	Riesgo en caso de que el material radiactivo de la fuente se disperse debido a un incendio o explosión.
1	Extremadamente peligrosa para las personas: Puede causar daños permanentes si se entra con ella durante unos minutos inclusive la muerte si está expuesta varios minutos a una hora.	Si se dispersa, aunque es poco probable, causar lesiones permanentes o la muerte de las personas que se encuentran en las proximidades. Habría poco o ningún riesgo de efectos inmediatos para la salud de las personas que se encontraran a más de varios cientos de metros de distancia, pero las zonas contaminadas tendrían que descontaminarse.
2	Muy peligrosa para la persona: Puede causar lesiones permanentes a una persona que la manipulara en un breve lapso de tiempo (de minutos a horas). Puede ser mortal para exposiciones de varias horas a días.	Si se dispersa, aunque es poco probable, causar lesiones permanentes o la muerte de las personas que se encuentran en las proximidades. Habría poco o ningún riesgo de efectos inmediatos a personas que se encuentre a aproximadamente cien metros de distancia. Pero las zonas contaminadas tendrían que descontaminarse.
3	Peligrosa para la persona: Puede causar lesiones permanentes a una persona que la manipulara en algunas horas. Poco probable, pero podría ser mortal si se expone la persona por periodo de días a la semana.	Si se dispersa, aunque es poco probable, causar lesiones permanentes o la muerte de las personas que se encuentran en las proximidades. Habría poco o ningún riesgo de efectos inmediatos a personas que se encuentre a aproximadamente varios metros pero la zona contaminada debería descontaminarse.
4	Poco probable que sea peligrosa para la persona: sin embargo si se manipula o se tuviera en contacto con ella durante muchas horas o cerca de ella por un periodo de muchas semanas, podría causar lesiones permanentes a la persona.	De dispersarse no podría causar lesiones permanentes a las personas
5	Muy poco probable que sea peligrosa para la persona: No puede causar lesiones permanentes.	No causa lesiones permanentes

Nota 1: Las consecuencias aquí explicadas son para fuentes radiactivas, sin blindajes, expuestas y manipuladas por la persona expuesta y las lesiones son deterministas sin incluir las lesiones retardadas para la salud (efectos estocásticos) ni tampoco se tiene en cuenta la ingestión deliberada de materiales radiactivo por una persona.

Nota 2: Esta clasificación tiene en cuenta el potencial daño a la salud humana, dejando afuera las consecuencias socioeconómicas

