

GOBIERNO DE CHILE
OFICINA NACIONAL DE EMERGENCIA
MINISTERIO DEL INTERIOR

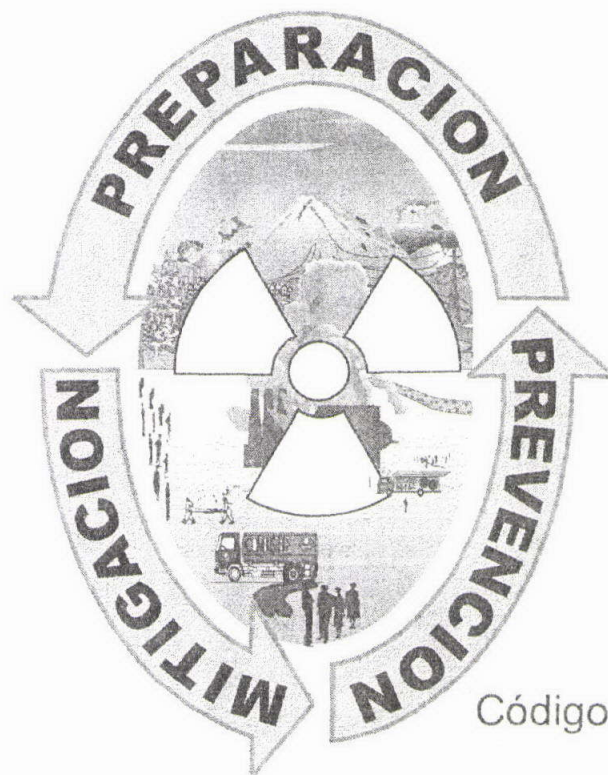
ONEMI

Programa de Formación Profesional en Protección Civil



Nivel 2
Módulo Medio

RIESGO RADIOLOGICO



Código

Plan Nacional de Capacitación
Bases Para la Acción Integral en Protección Civil

RIESGO RADIOLÓGICO

1. - INTRODUCCIÓN

Las diversas aplicaciones que tiene la radiación en estos días en diversas actividades como la medicina, procesos industriales, agricultura, etc, han beneficiado a los diversos usuarios que la han utilizado, como por ejemplo el uso de la radioterapia para el tratamiento de pacientes con tejidos malignos o tumores, irradiación de alimentos, etc.

Las sustancias radiactivas clasificadas en la Norma Chilena N°382 como sustancias peligrosas, presentan una gran diferencia con respecto a ellas cuando existe un accidente y/o emergencia, ya que no pueden **olerse, verse u oírse**.

Son muchas las radiaciones que existen, por lo que se han clasificado en ionizantes y no ionizantes. Entre las primeras están los rayos X, rayos alfa, beta y gamma. Estas radiaciones son capaces de ionizar la materia por donde pasan. Esto significa que provocan desprendimiento de electrones de los átomos, y si éstos están formando moléculas en células, afectará el comportamiento del organismo, por la gran cantidad de energía que poseen.

Es por ello que la Protección Civil, cuyo objetivo es la protección a las personas, sus bienes y ambiente ante toda situación o escenario de riesgo, debe considerar el tema de las sustancias o materiales radiactivos como una variable de riesgo e incluirla dentro de una Planificación Integral, incorporada al proceso de desarrollo de una comunidad determinada.

2. - OBJETIVOS

2.1. - General: Proporcionar conocimientos básicos que permitan integrar el Riesgo Radiológico al proceso de Planificación Integral en Protección Civil, en Municipios, Gobernaciones Provinciales, e Intendencias Regionales.

2.2. - Específicos:

- ❖ Determinar y reconocer las amenazas que pueden generar las emergencias radiológicas, y sus posibles consecuencias.
- ❖ Conocer los tipos de sustancias radiactivas, tipos de radiación, aplicaciones, etc.
- ❖ Conocer cual es la normativa legal vigente, clasificaciones, rótulos, etc
- ❖ Conocer los efectos en la salud y al ambiente

3. - CLASIFICACIÓN Y DEFINICIÓN DE LAS SUSTANCIAS RADIATIVAS.

La Norma Chilena 382.Of.89 establece nueve clases de sustancias peligrosas donde las sustancias radiactivas o materiales radiactivos se encuentran clasificadas e identificadas en la clase N° 7, como se puede observar en la tabla siguiente.

CLASE	DIVISIÓN	SUSTANCIAS PELIGROSAS
1	1.1 a 1.5	Sustancias y objetos explosivos
2	2.1 a 2.3	Gases comprimidos, licuados, disueltos a presión, o criogénicos.
3	3.1 a 3.3	Líquidos inflamables.
4	4.1 a 4.3	Sólidos inflamables.
5	5.1 y 5.2	Comburentes y Peróxidos orgánicos.
6	6.1 y 6.2	Sustancias venenosas e infecciosas.
7		Sustancias Radiactivas.
8		Sustancias Corrosivas.
9		Sustancias peligrosas varias.

Las sustancias radiactivas se definen como "cualquier sustancia que tenga una actividad específica mayor de dos milésimas de microcurio por gramo o su equivalente en otras unidades." (70 KBq/Kg.).

Estas sustancias radiactivas cuando son materia de transporte cada bulto lleva una etiqueta que dice "RADIATIVO" y una categoría asignada de I, II o III que está relacionada a las tasas de dosis en la superficie o cerca de está.

CATEGORIA	NIVEL MÁXIMO DE RADIACIÓN EN LA SUPERFICIE (mSv/h)	NIVEL MÁXIMO DE RADIACIÓN A 1 m. (mSv/h)
I-BLANCA	0.005	-
II-AMARILLA	0.5	0.01
III-AMARILLA	2	0.1

3.1. – IDENTIFICACIÓN DE LAS SUSTANCIAS RADIATIVAS

Las etiquetas y rótulos de las sustancias radiactivas se utilizan con el fin de facilitar la identificación de cada una de las sustancias, adoptándose un código numérico de cuatro cifras, el número ONU.

La utilización del número de las Naciones Unidas, resuelve el problema de los distintos nombres técnicos que pueden adquirir los productos en cada idioma y evita las confusiones que pueden producirse debido al uso de distintas denominaciones comerciales para un mismo producto.

En cada bulto o envase debe figurar la designación oficial de transporte de la sustancia peligrosa y el correspondiente Numero ONU.



El “**TRISECTOR**”, es el símbolo internacional de la Radiactividad, que indica la presencia real o potencial de Radiaciones Ionizantes. Este símbolo por tanto se encuentra en puertas de instalaciones radiactivas, instrumentos y equipos, bultos, cañerías o estanques, bolsas o tarros, y en vehículos de transporte.



Entre las sustancias o materiales radiactivos que se encuentran en la lista de la Norma Chilena 2120/7, están:

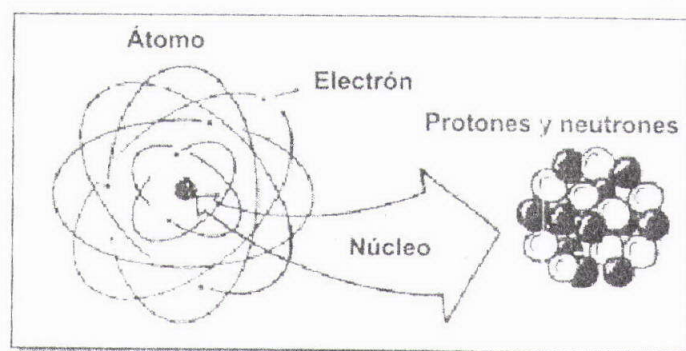
NOMBRE Y DESCRIPCIÓN	NÚMERO NACIONES UNIDAS	CLASE O DIVISIÓN	RIESGOS SECUNDARIOS
Materiales radiactivos, en forma especial, entre otros: - Cesio 137 - Cobalto 60 - Iridio 192	2974	7	-
Materiales radiactivos, entre otros: - Bromo 82 - Molibdeno 99 - Yodo 131	2982	7	-

4. - ESTRUCTURA DE LA MATERIA

Toda la materia está constituida por unidades elementales denominadas átomos, que caracterizan a los distintos elementos y que a su vez se combinan formando las moléculas. Así, como el aire, el agua, la piedra, los metales y todos los cuerpos de la naturaleza están compuestos por átomos.

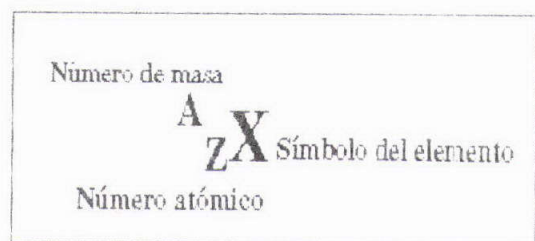
En la actualidad se conocen algo más de un centenar de elementos químicos distintos, la mayor parte de los cuales se encuentran en la naturaleza.

Los átomos están formados por una región central llamada **núcleo**, que contiene unas partículas elementales llamadas **protones** y **neutrones**, y una zona periférica alrededor del mismo, en las que se encuentran otras partículas llamadas **electrones**. Los protones (p^+), cargados positivamente, tienen igual masa que los neutrones (n), mientras que los electrones (e^-), cargados negativamente, tienen una masa muy pequeña en comparación con los protones y los neutrones.



Cada átomo se caracteriza por su número atómico y su número másico.

- El número atómico indica el número de protones que contiene el núcleo, que coincide con los electrones de la corteza, cuando el átomo es neutro.
- El número másico indica el número de protones más el de neutrones en el núcleo.
- La diferencia entre el número másico y el número atómico, $A - Z$, nos da el número de neutrones contenidos en el núcleo atómico.



La mayoría de los elementos químicos presentes en la naturaleza poseen átomos con núcleos estables; sin embargo, en algunos casos la estructura nuclear es inestable, por tener demasiada masa o por tener una relación de protones / neutrones inadecuados. En estos casos, el núcleo se transforma de manera espontánea en otro que sea más estable, en un proceso llamado **desintegración radiactiva** en el que se emite una partícula de gran energía fuera del núcleo (radiación alfa o beta).

Generalmente, el núcleo resultante, después de una desintegración queda en un estado excitado, es decir, le sobra energía. Esta energía se emite en forma de radiación electromagnética (radiación gamma).

En algunos átomos, el núcleo se puede dividir (fisión) de forma espontánea y, en otros casos muy particulares, puede ser fisionado por inducción externa. En ambas ocasiones, junto a los fragmentos de la fisión se produce una emisión de neutrones.

Este conjunto de fenómenos es lo que comúnmente se conoce como radiactividad y los átomos que lo experimentan se denominan **isótopos radiactivos, radioisótopos o radionucleidos**.

En resumen, la **radiactividad** es la propiedad física que presentan algunos elementos, que se manifiesta en la emisión de partículas y ondas electromagnéticas (radiaciones) por sus núcleos inestables, en un proceso denominado desintegración radiactiva.

5. - ORIGEN DE LA RADIACIÓN

Desde el descubrimiento de la radiación a finales del siglo pasado, sus aplicaciones tecnológicas se han desarrollado en un número creciente de áreas, incluida la generación de la electricidad, la industria y la medicina.

La radiación ocurre naturalmente en el ambiente. Los seres humanos están constantemente expuestos a ella y lo han estado durante millones de años. La **radiación natural** incluye la radiación cósmica del espacio ultraterrestre; la radiación terrestre proveniente de materiales radiactivos naturales en el suelo, las rocas y los materiales para la construcción; la radiación proveniente de gases radiactivos que escapan del suelo; y la radiación proveniente de alimentos y bebidas que contienen materiales radiactivos naturales, e incluso sustancias radiactivas que se encuentran en el interior del organismo humano, tales como el Potasio 40 (^{40}K) y Carbono 14.

Además de la Radiación Natural, el ser humano puede estar expuesto a fuentes de **radiación generada artificialmente**, como parte de un proceso de diagnóstico o tratamiento médico, aplicaciones en la Industria e Investigación.

Las radiaciones son un factor ambiental que forma parte de nuestro entorno y pueden dividirse en naturales y artificiales.

- **Radiaciones naturales** son las existentes en el medio en que vivimos y provienen de la tierra y del espacio exterior.
- **Radiaciones artificiales** provienen de fuentes creadas por el hombre, como los aparatos de televisión, las pantallas de ordenadores o los rayos X.

6. -TIPOS DE RADIACIÓN

Las radiaciones se pueden dividir en Radiaciones No Ionizantes e Ionizantes.

6.1. - RADIACIÓN NO IONIZANTE:

Son aquellas que no son capaces de producir iones al interactuar con los átomos de un material. Las radiaciones no ionizantes se pueden clasificar en dos grandes grupos: campos electromagnéticos y radiaciones ópticas.

Las ondas electromagnéticas se diferencian unas de otras por la cantidad de energía que es capaz de transmitir, y ello depende de su frecuencia.

El conjunto de todas ellas constituye el Espectro electromagnético. Ordenados de menor a mayor energía se pueden resumir los diferentes tipos de ondas electromagnéticas en:

- Campos eléctricos y magnéticos estáticos (imanes, conductores eléctricos de corriente continua, etc.).

- Microondas (MO). (Hornos de microondas, telefonía móvil, etc.)

Entre las radiaciones ópticas se encuentran:

- Infrarrojos (IR). (Lámparas de infrarrojos, etc.).
- Ultravioleta (UV) no ionizante.

Respecto a las radiaciones no ionizantes, sus efectos sobre el organismo son de diferente naturaleza dependiendo de la banda de frecuencias en la que nos movamos. Así, mientras que las Radiaciones Ultravioletas pueden producir afecciones en la piel (eritemas) y conjuntivitis por exposición de la piel y los ojos respectivamente, la Radiación Infrarroja puede lesionar la retina o producir opacidad del cristalino del ojo y daños en la piel por cesión de calor.

6.2. - RADIACIÓN IONIZANTE:

Una radiación es ionizante cuando al interaccionar con la materia produce la ionización de la misma, es decir, origina partículas con carga eléctrica (iones). Las radiaciones ionizantes pueden ser corpusculares (partículas subatómicas) o electromagnéticas (rayos X, rayos gamma, rayos cósmicos).

Las radiaciones tanto electromagnéticas (rayos X y gamma), como corpusculares (alfa, beta, neutrones), tienen la propiedad de penetrar en la materia, donde ceden su energía al interaccionar con los átomos de la misma, produciendo ionizaciones.

Estas radiaciones pueden provocar reacciones y cambios químicos con el material con el cual interaccionan, radicando allí **su peligrosidad y potencial riesgo para la salud**, siendo capaz de romper enlaces químicos de las moléculas o generar cambios genéticos en células reproductoras.

6.2.1. - TIPOS DE RADIACIÓN IONIZANTE:

• Radiación Alfa (α)

Los rayos alfa, son partículas cargadas que tienen una gran masa, y pierden toda su energía en muy poco recorrido, pudiendo ser frenadas por una hoja de papel o en el caso del cuerpo humano por la capa externa de la piel formada por células muertas.

La pérdida de energía que experimentan estas partículas a su paso por la materia, es debida a las interacciones con los átomos del medio. Esto puede producir una ionización si son arrancados los electrones entre las capas de los átomos del medio material atravesado.

Como consecuencia podemos decir que los rayos alfa no revisten peligro de cara al exterior del cuerpo humano, puesto que son frenados por la piel, pero presentan un serio problema si el material emisor penetra en el interior del organismo, debido

a la ionización específica tan grande, que puede dar lugar a daños intensos muy localizados.

Al no presentar riesgo de irradiación externa, no será necesario situar materiales absorbentes entre las fuentes emisoras alfa y las personas (blindar), pero sí será necesario manipular con cuidado dichas fuentes para evitar su entrada en el cuerpo humano por ingestión, inhalación o a través de heridas.

▪ Radiación Beta (β)

Los rayos beta, son partículas cargadas que interaccionan con los electrones de los átomos de la materia, creando ionizaciones de una forma muy similar a las de las partículas alfa. Sin embargo, como su masa es muchísima más pequeña, la ionización específica es mucho menor y, en consecuencia, su penetración más alta.

Las partículas beta de mayor energía, pueden llegar a interaccionar con el núcleo del átomo, produciendo una emisión de rayos X, denominada radiación de frenado. Este tipo de radiación varía con el número atómico, Z, del elemento con el que interaccionan las partículas beta.

Por lo tanto, las partículas beta pueden presentar un problema de irradiación externa, y en consecuencia, será necesario blindarlas. El mejor blindaje será un material de número atómico bajo, debido a la radiación de frenado. Por ello se utilizan principalmente el aluminio y plásticos. En lo referente a la irradiación interna el daño es menor que el producido por la radiación alfa, debido a su más baja ionización específica.

▪ Radiación Gamma (γ)

Los rayos gamma son radiaciones electromagnéticas como lo son la luz visible, los rayos infrarrojos y las ondas ultravioletas, pero con mayor energía. Son emitidos por el núcleo del átomo y no poseen ni carga ni masa.

Al contrario de la radiación alfa y beta, los rayos gamma al interaccionar con la materia, arrancan electrones de la corteza atómica y producen una pequeña cantidad de ionización específica primaria. Estos electrones con cierta energía cinética producen ionización de los átomos adyacentes, al interaccionar con estos, dando lugar a la ionización secundaria que es la que juega un papel primordial en dicha interacción.

Debido a la poca capacidad de ionización específica, los rayos gamma tienen grandes alcances en aire y pueden presentar un riesgo apreciable a grandes distancias de la fuente emisora.

Para protegerse de este tipo de radiaciones se utilizan blindajes pesados, como el plomo y el hormigón, debido a su gran poder de penetración, los cuales pueden atravesar el cuerpo humano y desprender energía en cualquier punto, presentando un riesgo de irradiación externa mayor que las partículas alfa y beta. Sin embargo, el riesgo irradiación interna es menor que para las partículas alfa y beta, debido a su menor ionización específica.

▪ Radiación Neutrónica

La radiación neutrónica, como su propio nombre indica, está constituida por neutrones, partículas sin carga eléctrica y con una masa muy aproximada a la del protón.

Las fuentes de neutrones generalmente se usan como iniciadores de reacciones nucleares y para la producción de fuentes radiactivas.

Las fuentes comunes de neutrones son:

- **Reactores:** En los reactores se produce el fenómeno de la fisión provocada.
- **Fisiones espontáneas:** Hay materiales que sufren fisiones espontáneas como el Plutonio 238, Californio 252.

El blindaje más comúnmente utilizado para la protección de los neutrones es el hormigón, y especialmente el llamado hormigón pesado, denominado así debido a que los minerales que lo componen pertenecen a átomos pesados como el Hierro, el Bario, etc.

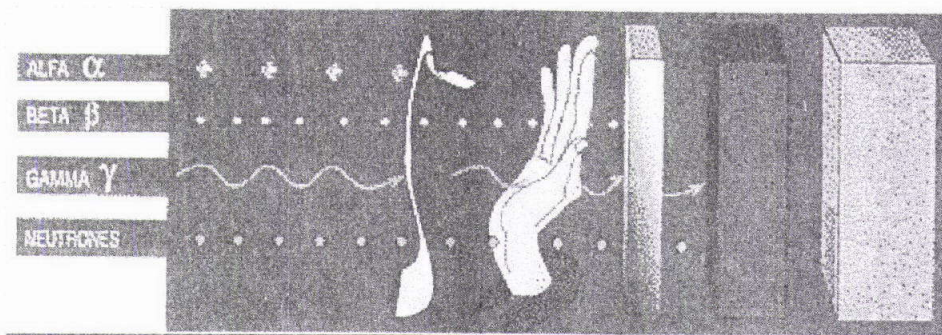


FIGURA N° 1. LAS RADIACIONES Y SU PODER DE PENETRACIÓN

7. - MAGNITUDES Y UNIDADES DE LA RADIACIÓN

Los sentidos humanos no pueden detectar la radiación. No puede verse, olerse o tocarse y, por consiguiente, la magnitud de un incidente concreto de radiación no puede detectarse directamente. Por este motivo, el análisis detallado de las situaciones de emergencia radiológica reales y potenciales depende de la comprensión de las unidades científicas usadas para cuantificar las diversas propiedades de la radiación y la exposición a esta.

Las unidades utilizadas más frecuentemente son el gray (Gy), que mide la dosis absorbida, el milisievert (mSv), que mide la dosis efectiva, y el becquerel (Bq), que mide el número de desintegraciones nucleares por unidad de tiempo.

Cantidad	Definición	Unidad	Equivalente
Dosis de Radiación			
Dosis absorbida	Energía absorbida por unidad de masa en un tejido u órgano	gray (Gy)	1 Gy = 1 joule/ Kg.
Dosis efectiva	Dosis absorbida en todo el cuerpo, ponderada por la calidad de la radiación y la radiosensibilidad de los órganos y tejidos irradiados	sievert (Sv)	1 Sv = 1 joule/ Kg.
Tasa de dosis	Dosis de radiación por unidad de tiempo. (Por Ej. , por hora o por año)	Gy/h, mSv/a	
Radiactividad			
Actividad	Número de desintegraciones nucleares por unidad de tiempo de un radionucleido	Becquerel (Bq)	1 Bq = desintegración/ seg.
Concentración de Radionucleidos	Actividad por unidad de masa o unidad de volumen. (Por Ej. , por kilogramo o por m ³)	Bq/ Kg, Bq/ m ³	
Período de Semidesintegración	Tiempo en el cual la actividad de un radionucleido disminuye a la mitad	segundo, día, año	

Los siguientes ejemplos numéricos ilustran el orden de magnitud de las diversas unidades:

- La dosis efectiva promedio para el individuo, debida al uso médico de la radiación en los países europeos, es del orden de 1 mSv/a (10³ sievert por año).
- La actividad promedio del potasio-40 natural en el cuerpo humano es aproximadamente 55 Bq por Kg. de peso corporal, lo que corresponde a una actividad total del orden de 4000 Bq, y origina una dosis efectiva anual de aproximadamente 0,15 a 0,2 mSv/a.
- Los periodos de semidesintegración de algunos radionucleidos comunes son:

Yodo-131	8 días
Cesio-137	30 años
Plutonio-239	24-100 años

8. - APLICACIONES DE LA RADIOACTIVIDAD

Los materiales radiactivos tienen aplicación y presencia en un gran número de actividades humanas de distintos tipos: Médicas, Industriales incluyendo la producción de energía, agrícolas, científicas, etc.

8.1. – Medicina:

La medicina se ha beneficiado considerablemente con el uso de las radiaciones y de los radioisótopos en exámenes de gran escala, y terapias.

ACTIVIDADES ESPECIFICAS	
Medicina Nuclear	Esta especialidad médica utiliza las radiaciones ionizantes con fines fundamentalmente de diagnóstico. Se estima que aproximadamente un tercio de todos los pacientes internados en hospitales son beneficiados con el uso de la medicina nuclear.
Radioterapia	Esta especialidad médica utiliza las radiaciones ionizantes para el tratamiento de tejidos malignos o tumores. Las células de los tumores son mucho más sensibles a la radiación que los tejidos sanos, por lo tanto la exposición a la radiación conduce a la muerte de dichas células y a la desaparición del tumor, en tanto que los tejidos sanos circundantes no sufren variaciones.
Teleterapia	La radiación procede de equipos cuya fuente está situada a distancia del tumor.
Braquiterapia	Esta técnica utiliza fuentes radiactivas sólidas, como el Cesio-137 o el Iridio-192, en zonas tumorales de fácil acceso. Donde se dejan el tiempo necesario para la irradiación del tumor, siendo después retiradas.
Radioinmunoanálisis	Se trata de un método y procedimiento de gran sensibilidad utilizado para realizar mediciones de hormonas, enzimas, virus de la hepatitis, ciertas proteínas del suero, fármacos y variadas sustancias.
Radiofármacos	Se administra al paciente un cierto tipo de fármaco radiactivo permitiendo estudiar mediante imágenes bidimensionales (centelleografía) o tridimensionales (tomografía), el estado de diversos órganos del cuerpo humano. Entre los radiofármacos que se utilizan están, el Cromo - 51 para la exploración del bazo, el Selenio - 75 para el estudio del páncreas y el Cobalto - 57 para el diagnóstico de la anemia.

8.2. - Agricultura y Alimentación

ACTIVIDADES ESPECIFICAS	
Conservación de Alimentos.	Se emplea con el objetivo de conservar los alimentos, ampliar su periodo de consumo y reducir las pérdidas causadas por los insectos después de la recolección. Esta técnica puede reemplazar o reducir radicalmente el uso de aditivos y fumigantes en los alimentos. Además, como no calienta el alimento tratado, este conserva la frescura del mismo (pescado, frutas, verduras) y su estado físico (comestibles congelados y secos). Esta técnica de irradiación no genera efectos secundarios a la salud humana.
Control de Plagas	Se sabe que algunos insectos pueden ser muy perjudiciales tanto para la calidad y productividad de cierto tipo de cosechas, como para la salud humana. En algunos países todavía se utilizan una gran variedad de productos químicos, muchos de ellos cuestionados o prohibidos por los efectos nocivos.

	que producen en el organismo humano. Ahora con la tecnología nuclear es posible aplicar la llamada "Técnica de los Insectos Estériles (TIE)", que consiste en suministrar altas emisiones de radiación ionizante a un cierto grupo de insectos machos mantenidos en laboratorio. En Chile, se ha aplicado para el control de la mosca de la fruta .
Mutaciones	La irradiación aplicada a semillas, se utiliza con el objetivo de obtener nuevas variedades de especies, con características particulares que permitan el aumento de su resistencia y productividad.

8.3. - Hidrología

El uso de técnicas nucleares en Hidrología, ha permitido desarrollar diversos estudios, como por ejemplo: Estudio de aguas superficiales, con la posibilidad de caracterizar y medir las corrientes de aguas lluvias y de nieve; caudales de ríos, fugas en embalses, lagos y canales y la dinámica de lagos y depósitos.

En estudios de aguas subterráneas es posible medir los caudales de las napas, identificar el origen de las aguas subterráneas, su edad, velocidad, dirección y flujo, relación con aguas superficiales, conexiones entre acuíferos, porosidad y dispersión de acuíferos.

8.4. - Medio Ambiente

En esta área se utilizan técnicas nucleares para la detección y análisis de diversos contaminantes del medio ambiente. Pudiéndose aplicar a diversos problemas de contaminación, como el bióxido de azufre, las descargas gaseosas a nivel del suelo, en derrames de petróleo, en desechos agrícolas, en contaminación de aguas y en el smog generado por las ciudades.

8.5. - Industria e Investigación

La utilización de los radioisótopos y radiaciones en la industria ha sido de gran importancia para el desarrollo y mejoramiento de los procesos, para las mediciones y la automatización y para los controles de calidad.

ACTIVIDADES ESPECIFICAS	
Trazadores	Se elaboran sustancias radiactivas que son introducidas en un determinado proceso, para detectar y determinar trayectorias de sustancias, debido a su emisión radiactiva. Con esta técnica, además se pueden determinar caudales de fluidos, filtraciones, velocidades en tuberías, dinámica del transporte de materiales, cambios de fase de líquido a gas, velocidad de desgaste de materiales, etc..
Instrumentación	Son instrumentos que permiten realizar mediciones sin contacto físico directo. Se utilizan indicadores de nivel, de espesor o bien de densidad.
Imágenes	Esta técnica utiliza radiografías en base a rayos gamma o bien flujo de neutrones para determinar las imágenes de la estructura interna de piezas. Estas imágenes son de gran utilidad en la industria para comprobar la calidad en soldaduras estructurales, en piezas metálicas fundidas, en piezas cerámicas, para análisis de humedad en materiales de construcción, etc..

Datación	Esta técnica se utiliza con el fin de determinar la edad en formaciones geológicas y arqueológicas. Una de las técnicas utiliza el Carbono-14, que consiste en determinar la cantidad de dicho isótopo contenida en un cuerpo orgánico.
Investigación	En esta área se utilizan haces de neutrones, generados por reactores, para realizar investigaciones en el campo de las ciencias de los materiales. Permitiendo obtener información respecto a estructuras cristalinas, defectos en sólidos, estudios de monocristales, distribuciones y concentraciones de elementos livianos en función de la profundidad en sólidos, etc.. En el ámbito de la biología, la introducción de compuestos radiactivos marcados ha permitido dar un gran impulso a los trabajos de carácter genético.

9. -TIPOS DE INSTALACIONES NUCLEARES Y RADIATIVAS

En Chile se identifican dos tipos de instalaciones: Nucleares y Radiactivas.

9.1. - INSTALACIONES NUCLEARES

Las instalaciones nucleares se definen de acuerdo a la Ley de Seguridad Nuclear, N° 18.302, Título II, Artículo 3, como instalación nuclear a:

- Los reactores nucleares, salvo los que se utilicen como fuente de energía en un medio de transporte, tanto para su propulsión como para otros fines.
- Las fábricas que utilicen combustible nuclear para producir sustancias nucleares y las fábricas en que se proceda al tratamiento de sustancias nucleares, incluidas las instalaciones de reprocesamiento de combustibles nucleares irradiados.
- Los depósitos de almacenamiento permanente de sustancias nucleares o radiactivas, excepto los lugares en que dichas sustancias se almacenen incidentalmente durante su transporte.

En el país existen dos Centros Nucleares que cuentan con instalaciones nucleares, ambos son operados por la Comisión Chilena de Energía Nuclear, CCHEN.

Centro Nuclear	Ubicación	Instalaciones Nucleares
La Reina	Nueva Bilbao N°12.591, La Reina	Un reactor Nuclear de Investigación de 5 [MW Térmicos] de potencia.
Lo Aguirre	Km. 32, Ruta 68	Un reactor Nuclear de Investigación de 2 [MW Térmicos] de potencia. Una planta de fabricación de Elementos Combustibles y una de Conversión.

9.2. - INSTALACIONES RADIATIVAS

Las Instalaciones radiactivas se definen como "el recinto o dependencia habilitado especialmente para **producir, tratar, manipular, almacenar o utilizar** sustancias radiactivas u operar equipos generadores de radiaciones ionizantes".

Estas instalaciones se clasifican en tres categorías:

- **Primera Categoría:** aceleradores de partículas, plantas de irradiación, laboratorios de alta radiotoxicidad, radioterapia, y roentgenterapia profunda, Gammagrafía y radiografía industrial.
- **Segunda Categoría:** Laboratorios de baja radiotoxicidad, rayos X para diagnostico médico o dental, radioterapia y roentgenterapia superficial.
- **Tercera Categoría:** Equipos de fuente sellada de uso industrial, tales como:
 - Pesómetros
 - Densitómetros
 - Medidores de flujo y de nivel
 - Detectores de humo
 - Medidores de espesores

Además quedan comprendidas en esta categoría las fuentes patrones, estimuladores cardíacos radioisotópicos, marcadores o simuladores de uso médico, equipos de rayos X para control de equipaje, correspondencia, etc., fluoroscopia industrial y difractómetros.

9.3. - TRANSPORTE DE MATERIALES RADIATIVOS

El transporte de sustancias o materiales radiactivos son todas aquellas operaciones de carga y descarga que pueda realizarse en los distintos medios de transporte: terrestre, marítimo o aéreo. Además se debe considerar que se pueden dar operaciones de transporte bimodales, como por ejemplo de marítimo – terrestre o aéreo – terrestre, etc.

El transporte de Materiales Radioactivos en nuestro país se encuentra regulado por el Decreto de Ley N°12, donde se establecen las distintas características que deben tener los materiales o sustancias radioactivas que son materia de transporte.

En su Título I, artículo N°3, establece que "en el caso de materiales radiactivos que tengan otras propiedades peligrosas y en el de transporte o almacenamiento de materiales radiactivos con otras mercancías peligrosas, se aplicarán los reglamentos pertinentes relativos al transporte de mercancías peligrosas de cada uno de los países de los cuales o a los cuales se transporten los materiales."

En nuestro país estaría bajo el Decreto Supremo N° 298, Reglamento de Transportes de Calles y Caminos.

Entre los distintos materiales radiactivos transportados se tienen: Isótopos radiactivos, materiales nucleares, fuentes encapsuladas para la industria, combustible nuclear y residuos radiactivos.

De acuerdo a antecedentes que maneja el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), se estima que anualmente se transportan entre 18 y 38 millones de envíos de material radiactivo en todo el mundo.

9.3.1. - TIPO DE BULTOS

Los materiales radiactivos se transportan en diversos tipos de contenedores, paquetes o bultos específicos. Los bultos se diseñan, fabrican y mantienen para que en el caso de que se produzca un accidente, el impacto radiológico que se ocasione sea razonablemente pequeño.

Dentro de los tipos de bultos que se distinguen en función de la Actividad, la radiotoxicidad, la cantidad y el tipo de material radiactivo transportado, son:

□ EXCEPTUADOS

- No tienen protección especial salvo la contención del contenido radiactivo.
- Usado para muy pequeñas cantidades de radionúclidos, los cuales presentarían un riesgo despreciable si el bulto llegara a ser destruido.
- La tasa de dosis en cualquier punto de la superficie externa no deberá exceder de 5 uSv/h.
- No tiene etiqueta externa de radiactivo. Los vehículos que transportan bultos "Exceptuados" no se requiere que estén señalizados.

□ INDUSTRIALES

- Utilizados para elementos físicamente grandes de materiales de baja actividad específica u objetos contaminados en la superficie.
- Deberá etiquetarse como "Baja Actividad Específica" u "Objeto Contaminado en la Superficie".
- Incluye envíos a granel de desechos radiactivos de bajo nivel o compuestos de uranio o torio.

□ TIPO A

- Previstos para proporcionar un blindaje y contención adecuados para cantidades limitadas de materiales radiactivos, en condiciones normales de transportación.
- Cada bulto lleva una etiqueta de "Radiactivo" y una categoría asignada("I, II, III en números rojos") que está relacionada a las tasas de dosis en la superficie o cerca de esta.
- Si un bulto que ha estado involucrado en un accidente queda intacto o ha sufrido sólo un daño superficial, y además la tasa de dosis

medida corresponde con la de la categoría de la etiqueta, no hay necesidad de tomar acciones protectoras para el público o activar los servicios de emergencia.

- El tamaño del bulto no tiene relación con la categoría reflejada en la etiqueta.

□ TIPO B

- Se encuentran usualmente en forma de barril o tonel, prevista para soportar condiciones severas de accidente.
- Etiquetados como tipo B y categorías I, II o III, y señalizaciones de resistente al fuego y al agua.

□ BULTOS QUE CONTENGAN SUSTANCIAS FISIONABLES

10. - TIPOS DE EMERGENCIAS RADIOLÓGICAS

Entre la diversidad de situaciones que se pueden presentar, ante eventos que derivan de fuentes fijas o móviles, existe una amplia gama de posibles situaciones de emergencias radiológicas, pudiendo presentarse.

Las instalaciones Nucleares con ubicación permanente tienen la ventaja que se conoce su situación y, en la mayoría de los casos existen los planes de emergencia específicos del emplazamiento.

En cambio, las emergencias en el transporte pueden ocurrir en cualquier lugar y pueden involucrar diferentes tipos de materiales radiactivos.

Los tipos de emergencias radiológicas que se pueden presentar en nuestro país, son:

- a) Accidentes con fuentes o materiales radiactivos
- b) Transporte de material radiactivo
- c) Impacto ambiental a partir de una fuente externa
- d) Satélites con materiales nucleares

Los accidentes con fuentes o materiales radiactivos pertenecen a una amplia categoría, donde se incluyen el material radiactivo encontrado o áreas o elementos contaminados, fuentes perdidas o desaparecidas, fuentes sin blindaje, accidentes en laboratorios, instalaciones industriales o de investigación y accidentes de transporte.

Los materiales radiactivos en forma de fuentes selladas son usados para una variedad de propósitos en la industria, la medicina, la investigación y la docencia, como también utilizados para radiografía, unidades de esterilización, medicina nuclear, radioterapia, prospección geológica, medidores de nivel, espesor, densidad, humedad.

Una fuente perdida, robada o abandonada es un caso especial de las emergencias que involucren material radiactivo. El riesgo para el público dependerá de la actividad total involucrada, asumiendo que la fuente puede estar en posesión de personas que puede que no conozcan su naturaleza y riesgos, quienes pueden manipularla, romperla y dispersar la contaminación. En algunos casos las personas pueden estar expuestas o contaminadas a niveles muy altos. En tal caso debe darse prioridad a encontrar la fuente a través de todos los medios razonables que se disponga. Esto puede incluir investigaciones realizadas por personal policial, avisos públicos, monitoreo de hospitales y clínicas y la búsqueda utilizando detectores de radiación.

Además, se pueden dar situaciones de emergencia en instalaciones nucleares fuera del país (Argentina, Brasil, etc), pudiendo generar impactos directos a la cadena alimenticia o cuerpos de agua. También pueden darse situaciones de reentrada de satélites, que de forma accidental pueden impactar la superficie terrestre en cualquier punto del país. Normalmente frente a este tipo de situaciones de emergencia se dan avisos con suficiente antelación, con el objeto de planificar y preparar cualquier eventualidad. El problema radicaré en que no podrá predecirse la ubicación exacta del lugar de impacto.

11. - EVALUACIÓN DEL RIESGO RADIOLÓGICO

Para una efectiva evaluación del riesgo radiológico e incorporación de esta variable como un elemento asociado al desarrollo local, es necesario implementar la Metodología **AIDEP** como un proceso permanente de trabajo y participación conjunta de autoridades, comunidad y saber técnico, estructurando una visión de futuro, compartida y realista.

Esta metodología considera las siguientes etapas:

- A**nálisis histórico ¿ Qué nos ha pasado?
- I**nvestigación en terreno ¿ Donde están los riesgos y recursos?
- D**iscusión de Prioridades de Riesgos y Recursos detectados
- E**laboración del Mapa o Plano (Cartografía de ubicación espacial de los puntos o vías de riesgo detectadas y de recursos.)
- P**lanificación → Plan Integral en Protección Civil

12. -GESTIÓN DEL RIESGO RADIOLOGICO

La acción efectiva en Protección Civil apunta a la administración del riesgo. Esto corresponde al esfuerzo de prevenir la ocurrencia, responder minimizando las pérdidas y recuperarse de los efectos producidos por eventos adversos. Todo ello con un enfoque sistémico, a través de una secuencia cíclica de las siguientes fases interrelacionadas: **Prevención, Respuesta y Recuperación.**

Dentro de las alternativas posibles y relacionándolas con las etapas del Ciclo del Manejo del Riesgo, se pueden indicar los siguientes ejemplos:

PREVENCIÓN (Supresión)

- Sistemas de Seguridad para la interrupción de fallas.

MITIGACIÓN

- Establecer Zonas de seguridad.
- Ordenamiento urbano y territorial con el fin de delimitar áreas de riesgo.
- Expedición del Marco legal y Normas sobre el manejo de Sustancias Radiactivas.
- Reglamentación y vigilancia de todas las modalidades de transporte y almacenamiento de Sustancias Radiactivas.
- Capacitación profesional de los funcionarios de las instituciones y servicios relacionados con la administración del riesgo.

PREPARACIÓN

- Planes de Emergencia integrales donde se defina la organización, los roles y funciones, los recursos y los planes de contingencia para los riesgos específicos.
- Capacitación del personal para la atención de emergencias.
- Definición de estados de alerta y de aviso a la población.
- Participación e información de la comunidad en la identificación de potenciales amenazas, alternativas de solución y planes de contingencia.
- Implementación de redes de comunicación.
- Rutas de evacuación y zonas de seguridad.
- Ejercicios de preparación: Simulacros y simulaciones.

ALERTA

- Redes de vigilancia y monitoreo.
- Imágenes satelitales.
- Redes y sistemas de comunicaciones.

RESPUESTA

- Activación del **Plan de Respuesta**.
- Activación del **Comité de Operaciones de Emergencia**.
- Asistencia medica.
- Evacuación de Grupos críticos de la población. (Enfermos, embarazadas, niños.)
- Evacuación de la zona de riesgo.
- Evaluación de daños y necesidades.
- Manejo de Abastecimientos.
- Control de accesos al área de Riesgo.
- Monitoreo y vigilancia de zonas afectadas.

REHABILITACIÓN

- Recuperación a corto plazo de los servicios básicos e inicio de la reparación del daño físico, social y económico.
 - Habilitación de caminos alternativos.
 - Descontaminación de sectores contaminados.
 - Habilitación de albergues.

RECONSTRUCCIÓN

- Procesos de reparación, a mediano y largo plazo, para acceder a un nivel de desarrollo igual o superior al existente antes de la ocurrencia del evento adverso.
 - Reubicación de asentamientos poblacionales

ANEXOS

I. - MARCO CONCEPTUAL

1. **Actividad:** Magnitud correspondiente a una cantidad de radionúclido en un estado de energía y un tiempo determinado, definida por la expresión:

$$A(t) = \frac{dN}{dt}$$

dN: Es el valor esperado del número de transformaciones nucleares espontáneas a partir de ese estado determinado de energía, en el intervalo de tiempo dt.

2. **Contaminación:** La presencia de sustancias o materiales radiactivos sobre superficies o dentro de sólidos, líquidos o gases(Incluyendo el cuerpo humano)la cual es inusual o indeseada.
3. **Contaminación Transitoria:** Contaminación que puede ser eliminada de la superficie durante la manipulación normal.
4. **Decaimiento radiactivo:** Transformación de Isótopos inestables en forma más estable, acompañada por la emisión de partículas y/o rayos gamma.
5. **Descontaminación:** Remoción parcial o completa de la contaminación.
6. **Exposición:** El acto o condición de estar sujeto a irradiación.
7. **Fuente:** Cualquier cosa que pueda causar exposición a la radiación, bien emitiendo radiación ionizante o liberando sustancias o materiales radiactivos.
8. **Fuente Natural:** fuentes de radiación existente en la naturaleza tales como el sol y estrellas(fuentes de radiación cósmica) y rocas y suelo (fuentes de radiación terrestre).
9. **Fuente sellada:** Material radiactivo que está:
 - permanentemente encerrado en una cápsula o
 - Estrechamente envuelto en forma sólida.
10. **Instalaciones Nucleares:** Son las que usan o producen materiales radiactivos en sus operaciones normales.
11. **Ingestión:** Incorporación del material radiactivo al sistema gastrointestinal.
12. **Inhalación:** Incorporación del material radiactivo al sistema Respiratorio.

13. **Ionización:** Es la energía suficiente para romper enlaces químicos, sacando el electrón de la nube, quedando este libre con carga negativa. De esta forma el átomo queda cargado positivamente.
14. **Interacción:** Proceso por el cual la energía o la trayectoria de la partícula incidente, es alterada.
15. **Isótopo:** Núcleo de un elemento particular que contiene el mismo número de protones pero diferente número de neutrones.
16. **Radionúclido:** Núcleo (de un átomo) que posee propiedades de desintegración espontánea (radiactividad). Los núcleos se distinguen por su número atómico y por su número de masa atómica.
17. **Remesa:** Cualquier bulto o bultos o carga de materiales radiactivos que presenten un remitente para su transporte.
18. **Transporte de materiales radiactivos:** Carga, descarga, movimiento o almacenaje temporal en camino de materiales radiactivos.
19. **Vías de exposición:** Ruta mediante la cual la radiación o el material radiactivo puede alcanzar o irradiar a los humanos.
20. **Vida Media:** Es el tiempo en que la actividad del radionúclido decae a la mitad.
21. **Vigilancia Radiológica:** Evaluación de las condiciones radiológicas y los riesgos potenciales asociados a la producción, uso, transferencia, liberación o presencia de material radiactivo u otras fuentes de radiación.

II. - ACCIDENTES RADIOLOGICOS EN EL MUNDO.

Los materiales radiactivos están presentes en la vida cotidiana y son frecuentemente objeto de transporte por carretera, vía marítima o vía aérea. Los incidentes o accidentes son por tanto inevitables y, en caso de descontrol, las fuentes de radiación pueden originar una sobreexposición de trabajadores y miembros del público. La Tabla N°1 muestra los accidentes ocurridos en el último decenio con sustancias o materiales radiactivos.

TABLA N°1. ACCIDENTES RADIOLOGICOS 1981/2001

AÑO	LOCALIDAD	APLICACIONES	MUERTOS	
			TRABAJADORES	PUBLICO
1981	Oklahoma, USA	Radiografía Industrial	1	
1982	Kjeller, Noruega	Instalación de Irradiación	1	
1984	Marruecos	Fuente perdida Ir-192		8
1987	Goiania, Brasil	Aparato de Teleterapia		4
1989	San Salvador	Instalación de Irradiación	1	
1990	Israel	Instalación de Irradiación	1	
1990	Zaragoza, España	Acelerador lineal		11
1991	Nesvizh, Belarus	Instalación de Irradiación	1	
1992	Xinzhou, China	Fuente perdida Co-60		3
1992	Indiana, USA	Ir-192 Braquiterapia		1
1994	Tammiku, Estonia	Fuente retirada de repositorio Cs137		1
1996	Costa Rica	Unidad Teleterapia Co 60		7
2000	Tailandia	Fuente Perdida Co-60		3
2000	Egipto	Fuente Perdida Ir-192		2
Aug/2000 Feb/2001	Panamá	Fuente Teleterapia Co-60		5
TOTAL			5	45

FUENTE: ANALISIS DE ACCIDENTES Y PLANIFICACION DE LA RESPUESTA, JOSE JULIO ROZENTAL. Consultor en seguridad radiológica y reglamentación.

La causa principal de los peores accidentes radiológicos ocurridos en el mundo, como por ejemplo el de Goiania y los demás mencionados en la Tabla N°1, y probablemente el de la gran mayoría, se han debido a la inexistencia de procedimientos satisfactorios, controles insuficientes o por los frecuentes errores de los trabajadores, que se han traducido en manipulación o uso incorrecto de fuentes selladas.

En nuestro país solo se han dado situaciones de robo o perdidas de fuentes radiactivas utilizadas en aplicaciones industriales, no generando afectación a las personas ni al ambiente.

III.-DISPOSICIONES LEGALES

De acuerdo a la legislación vigente en Chile, las competencias sobre las radiaciones ionizantes, sus usos e instalaciones asociadas se encuentran divididas de la siguiente manera:

- Instalaciones Nucleares e instalaciones Radiactivas de 1ª Categoría, en el ámbito nacional, la competencia es de la Comisión Chilena de Energía Nuclear.
- Instalaciones y equipos de 2ª y 3ª Categoría con competencias los Servicios de Salud.

La Tabla siguiente muestra las principales disposiciones legales referentes a las sustancias radiactivas.

	Marco Legal	Objetivo	Organismo	Actividades
1.-	Ley de Seguridad Nuclear, N° 18.302 / D.O. del 02.05.84	Proveer de protección a la salud, seguridad y resguardo de las personas, los bienes y el medio ambiente". Además indica que todos los acuerdos o convenios en los que sea parte Chile, debe asegurarse su cumplimiento.	CCHEN Servicios de Salud	Título III: Medidas de seguridad nuclear , destacándose en el Párrafo N°1, Artículo N°9, la prohibición de almacenar, depositar, guardar o transportar sustancias nucleares junto a materiales combustibles, inflamables, corrosivos o explosivos. Artículo N°11, que indica que las instalaciones, plantas, centros y laboratorios nucleares deben preparar y mantener planes de emergencia frente a la ocurrencia de accidentes nucleares. Además estos planes contemplaran la participación de todos los organismos que, directa o indirectamente, deban intervenir en tales casos. Art. N° 67 enuncia que la Comisión Chilena de Energía Nuclear será la encargada de dictar las normas referentes a las instalaciones radiactivas y, los Servicios de Salud de acuerdo a las disposiciones del Código Sanitario, autorizaran, controlaran la aplicación y manejo de las sustancias radiactivas en instalaciones radiactivas o en equipos de radiaciones ionizantes, con excepción de aquel
2.-	LEY N° 18.730 / D.O. del 10.08.88	Modifica Ley N° 18.302 "Ley de Seguridad Nuclear", Artículo N° 67.	CCHEN Servicios de Salud	□ Instalaciones Nucleares e instalaciones Radioactivas de 1ª Categoría, a nivel nacional, la competencia es de la Comisión Chilena de Energía Nuclear. □ Instalaciones y equipos de 2ª y 3ª Categoría con competencias los Servicios de Salud. En la actualidad existen 27 Servicios de Salud distribuidos en las 12 regiones que conforman el territorio Nacional. En la Región

				Metropolitana, la competencia es del Servicio de Salud Metropolitano del Ambiente (SESMA).
3.-	D.F.L N° 725 / D.O. 31.01.68 (Código Sanitario)	Competencias que les corresponderá realizar a los Servicios de Salud	Servicios de Salud	☐ Autorizar Instalaciones Radiactivas (I.R). ☐ Autorizar la producción, fabricación adquisición, posesión, uso, manipulación, almacenamiento, importación, exportación, distribución, venta, transporte, abandono o desecho de sustancias radiactivas que se utilicen o mantengan en las instalaciones radiactivas o en los equipos generadores de radiaciones ionizantes. ☐ Prevenir los riesgos derivados del uso y aplicación de las sustancias radiactivas y de las radiaciones ionizantes, respecto de las personas expuestas, del elemento que las genera y del medio ambiente.
4.-	D.S. N° 133, 22 de mayo de 1984, MINSAL / D.O. del 23.08.84 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.	Establece las condiciones y requisitos que deberán cumplir tanto las instalaciones radioactivas, Equipos Generadores de Radiaciones Ionizantes, como las personas que se desempeñan u operan tales equipos y las actividades de importación, exportación, venta, distribución, almacenamiento, abandono o desecho de sustancias radiactivas, no podrán funcionar, sin previa autorización del Servicio de Salud respectivo	Servicios de Salud	☐ Autorizar, controlar, fiscalizar y sancionar a todas las Instalaciones Radiactivas.(1°,2° y 3° categoría)
5.-	D.S. N° 3, 03 de enero de 1985, MINSAL / D.O. del 25.04.85 Reglamento de Protección Radiológica de Instalaciones Radiactivas	Establece las medidas de protección radiológicas y los límites de dosis radiactivas que pueden recibir las personas ocupacionalmente expuestas, con el objeto de prevenir y evitar la sobreexposición de radiaciones ionizantes y sus efectos a la salud, quedando exceptuado el control reglamentario para	Servicios de Salud ISP	Enuncia aspectos, tales como: ☐ La obligatoriedad de la dosimetría personal, las condiciones en que deberán prestarse los servicios de dosimetría y los requisitos que han de cumplir los organismos que los prestan. ☐ Los límites de dosis para los trabajadores expuestos, exceptuando a mujeres y menores de 18 años, casos especiales de control y límites especiales por sobreexposición, y

		radiaciones naturales y de carácter médico		La obligatoriedad de utilizar la señalización de radiación ionizante (trisector).
6.-	D.S N° 87, 24 de Diciembre de 1984. Ministerio de Minería /D.O.09.03.85 Reglamento de protección física de las Instalaciones y de los Materiales Nucleares.	Evaluar, autorizar y fiscalizar los planes de protección física de las instalaciones nucleares y de los materiales nucleares.	CCHEN	El Plan de protección física deberá contar como mínimo con los siguientes procedimientos: ☐ Autorización de ingreso para personas, vehículos y bultos a la instalación. ☐ En caso de emergencia. ☐ Control periódico de instrumentos y equipos de seguridad. ☐ Organización del personal encargado de la protección física de la instalación.
7.-	D.S N°12 / D.O.10.06.85, Ministerio de Minería Reglamento para el Transporte Seguro de Materiales Radiactivos.	Establece las condiciones que debe cumplir el transporte de Materiales radiactivos en todas las modalidades, terrestre, marítimo y aéreo.	CCHEN	En el caso que los Materiales Radiactivos posean otras propiedades peligrosas, tanto en el transporte como en el almacenamiento, se aplicaran los reglamentos pertinentes relativos al transporte de sustancias peligrosas de cada uno de los países de los cuales o a los cuales se dirija el producto. En el caso de nuestro país regirá el D.S N° 298, Reglamento de Transporte de Cargas Peligrosas por Calles y Caminos, Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones. Título III, Párrafo N°3 , en el caso de accidentes durante el transporte, se aplicaran las disposiciones de emergencia establecidas por organismos nacionales o internacionales, con el objeto de proteger la salud de las personas, los bienes y el medio ambiente.
8.-	D.F.L. N° 1 del 08.11.89 / D.O. 21.02.90 – MINSAL Determina Materias que Requieren Autorización Sanitaria Expresa		Servicio de Salud	Artículo N° 7, del Código Sanitario, que las operaciones que requerirán autorización sanitaria expresa, se encuentran los siguientes numerados: 36. - Operación instalaciones radiactivas 2ª y 3ª categoría. 37. - Cierre temporal o definitivo de instalaciones radiactivas 2ª categoría. 38. - Operación de 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.
9.-	Ley N° 19.300 / D.O. 09.03.94 – MINSEGPRES Aprueba Ley sobre Bases Generales del Medio Ambiente, LBGMA.		CONAMA	Artículo 10, que deberán someterse en forma obligatoria a una Evaluación de Impacto Ambiental, los proyectos o actividades susceptibles de causar impacto ambiental, en cualesquiera de sus fases. La letra ñ del artículo 10, establece que deberán someterse al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental la "Producción, almacenamiento, transporte, disposición o reutilización habituales de sustancias tóxicas, explosivas, radioactivas, inflamables, corrosivas o reactivas".
10.-	D.S. N° 30 del 27 de marzo de 1997, MINSEGPRES / D.O. del 03.04.97 Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, SEIA.		CONAMA	Artículo N°3 letra ñ.3 indica que deberán someterse al sistema de evaluación de impacto ambiental los proyectos o actividades que realicen: "Producción, almacenamiento, transporte, disposición o reutilización de sustancias radioactivas con fines industriales y/o comerciales."
11.-	D.S. N° 594 del 15 de septiembre de 1999, MINSAL / D.O. del 29.04.00 Reglamento sobre Condiciones Sanitarias y Ambientales básicas en los lugares de trabajo	Establece las condiciones sanitarias y ambientales básicas que deberá cumplir todo lugar de trabajo, sin perjuicio de la Reglamentación específica que se haya dictado o se dicte para aquellas faenas.	Servicios de Salud	Este decreto enuncia en su Título II, Artículo 16, inciso primero: "No podrán vaciarse a la red pública de desagües de aguas servidas, sustancias radioactivas, corrosivas, venenosas, infecciosas, explosivas o inflamables o que tengan carácter peligroso en conformidad a la legislación y reglamentación vigente".

NORMATIVAS:

- Norma Chilena N° 382: Terminología y Clasificación de Sustancias Peligrosas
- Norma Chilena N° 2120-7: Clase 7-Sustancias Radiactivas
- Norma Chilena N° 2190: Marcas para la Información de Riesgos