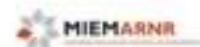




# Guía práctica para la implementación de la dispensa en instalaciones radiactivas

octubre 2017



"El proyecto ha sido realizado por un grupo de expertos de los organismos miembros del FORO, basado en sus conocimientos y experiencias. Los resultados de este proyecto, serán validados pudiendo incorporarse futuras mejoras"

# INDICE

1. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1. Antecedentes .....	1
1.2. Objetivo .....	2
1.3. Alcance .....	2
1.4. Estructura .....	2
2. DEFINICIONES.....	3
3. VALORES DE DISPENSA PARA LOS DESECHOS RADIACTIVOS.....	5
3.1. Criterios radiológicos generales para la dispensa .....	5
3.2. Niveles de dispensa.....	5
3.2.1. Desechos sólidos.....	5
3.2.2. Desechos Líquidos.....	6
3.3. Dispensa condicionada o específica.....	6
4. METODOLOGIA PARA LA DISPENSA DE DESECHOS RADIACTIVOS .....	6
4.1. Metodología general.....	6
4.2. Dispensa de desechos sólidos .....	9
4.3. Dispensa de desechos líquidos.....	10
4.4. Dispensa de desechos con mezclas de radionucleidos.....	13
5. DISPENSA DE FUENTES SELLADAS EN DESUSO .....	14
6. CONTROL DE LA DISPENSA POR LA AUTORIDAD REGULADORA.....	15
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	16
APÉNDICE A .....	17
TABLA A1.1: Niveles de dispensa para desechos sólidos en instalaciones donde se generan pequeñas cantidades de desechos (<1 ton/año).....	17
TABLA A1.2: Niveles de dispensa para desechos líquidos expresados en valores de concentraciones de actividad.....	18
TABLA A1.3: Niveles de dispensa para desechos líquidos expresados en valores de actividad anuales.....	19
TABLA A1.4: Niveles de dispensa para fuentes selladas.....	20
Apéndice B.1. Diagrama de dispensa para los desechos sólidos y líquidos.....	21
Apéndice B.2. Diagrama de dispensa para las fuentes selladas.....	22

Apéndice C.1 Procedimiento de estimación de la actividad para los desechos sólidos. ....	23
Apéndice C.2 Procedimiento de estimación de la actividad para los desechos líquidos.....	25
Apéndice D.....	26
Tabla D1.1. Formato de registro para desechos Sólidos.....	26
Tabla D1.2. Formato de registro para desechos líquidos.....	27
Tabla D1.3. Formato de registro para fuentes selladas. ....	28
LISTA DE AUTORES.....	29

# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1. Antecedentes

En las instalaciones radiactivas que emplean fuentes de baja actividad y periodo de semidesintegración muy corto con fines científicos, médicos, agrícolas, comerciales, industriales, u otros propósitos, se generan desechos radiactivos y fuentes selladas en desuso, que requieren una adecuada gestión para garantizar la protección de las personas y del medio ambiente. Una proporción significativa de estos desechos puede ser dispensada del control regulador, siendo este proceso la opción de gestión más factible a los fines de contribuir a la minimización de los desechos radiactivos en una instalación y disminuir los costos asociados.

En la mayoría de los países de Iberoamérica, el vertido de los materiales sólidos al medio ambiente se lleva a cabo luego de un tiempo de decaimiento, que por lo general suele ser entre 8 y 10 períodos de semidesintegración para aquellos desechos contaminados con radionucleidos de corto período de semidesintegración y el de los desechos líquidos se realiza a través del sistema de alcantarillado luego de cierta dilución en el sistema de canalización de la instalación. Por esta razón se asume que no hay un impacto significativo en el medio ambiente, producto del vertido de materiales en las instalaciones radiactivas. Sin embargo, esta práctica es frecuentemente, llevada a cabo por los propios generadores de desechos radiactivos y sin un control riguroso por parte de las Autoridades Reguladoras. Además, no suele realizarse una evaluación previa que fundamente el correcto procedimiento de la dispensa, ni existen en la mayoría de los casos, programas de monitoreo (puntuales o continuos) y en ciertas ocasiones los sistemas de registro de la dispensa de materiales no son apropiados, dificultándose su control e inspección.

Actualmente, existen una gran cantidad de publicaciones respecto a los conceptos y criterios de dispensa [1, 2, 3, 4], sin embargo, no sucede lo mismo con aquellas sobre la implementación desde el punto de vista práctico. La experiencia en la aplicación de los conceptos y criterios de dispensa, como forma de gestión, presenta dificultades y diferencias entre los países.

Adicionalmente a la problemática de la implementación de la dispensa, en las Normas Básicas Internacionales de Seguridad (NBS) [1] se establecen valores de dispensa expresados en valores de concentración de actividad para cada radionucleido para grandes cantidades de materiales sólidos (más de 1 tonelada), criterio este, muy conservador para el caso de la mayoría de las instalaciones radiactivas, donde se generan pequeñas cantidades de desechos radiactivos, que de aplicarse, tal cual, elevaría significativamente los costos de la gestión.

Otro aspecto importante es la necesidad de disponer de niveles de dispensa expresados en valores de concentración de actividad para los desechos líquidos, que desde el punto de vista práctico son muy útiles a los fines de llevarla a cabo y poder demostrar su cumplimiento a la Autoridad Reguladora.

Por otro lado, la gestión de fuentes selladas en desuso, de periodo de semidesintegración muy corto enfrenta la misma problemática, ya que no existen criterios unificados de cómo proceder a su dispensa.

Tomando en cuenta los antecedentes descritos, los países miembros del FORO confirmaron la necesidad de llevar a cabo un proyecto dirigido a contribuir a la implementación de la dispensa en las instalaciones donde se generan pequeñas cantidades de desechos radiactivos provenientes de aplicaciones médicas, de investigación, industriales y agrícolas.

En este contexto, el FORO ha desarrollado esta “Guía práctica para la implementación de la dispensa en instalaciones radiactivas”. La guía propone una metodología para que las instalaciones apliquen la dispensa en forma segura, manteniendo el registro de las liberaciones al medio ambiente y facilitando el control por parte de las Autoridades Reguladoras.

## **1.2. Objetivo**

El objetivo de la guía es asistir a los operadores de instalaciones radiactivas que generan pequeñas cantidades de desechos radiactivos de periodo de semidesintegración muy corto, en la implementación del concepto de dispensa. Además, facilitar el control de la dispensa por parte de las Autoridades Reguladoras. La guía incluye metodologías para aplicar la dispensa de materiales sólidos y líquidos, de una manera práctica, y recomendaciones para la dispensa de fuentes selladas en desuso de periodo de semidesintegración muy corto.

## **1.3. Alcance**

Esta Guía es aplicable a las instalaciones radiactivas que generan pequeñas cantidades de desechos radiactivos sólidos y líquidos que contienen radionucleidos de períodos de semidesintegración muy cortos, tales como: centros de medicina nuclear, instalaciones de investigación, aplicaciones agrícolas e industriales, etc.

Esta Guía también se puede aplicar a la gestión de las fuentes selladas en desuso de baja actividad y periodos de semidesintegración muy cortos.

No es aplicable a instalaciones asociadas al ciclo de combustible nuclear ni a los desechos generados de actividades y prácticas donde estén presentes radionucleidos de origen natural, ya sea en concentraciones naturales o incrementadas.

## **1.4. Estructura**

Siguiendo a la introducción, en la Sección 2 se definen los términos que se emplean en la Guía. En la Sección 3 se presentan los criterios radiológicos para la dispensa y se orienta sobre los niveles de dispensa que pueden ser empleados. En la Sección 4 se describe la metodología para la implementación de la dispensa tanto para sólidos como para líquidos, y se presentan los registros para el control de la dispensa y los diagramas para su implementación. En la Sección 5 se dan recomendaciones para la dispensa de fuentes selladas en desuso de periodo de semidesintegración muy corto. En la Sección 6 se detalla el control de la dispensa por parte de la Autoridad Reguladora.

El documento incluye Apéndices que complementan la información.

## 2. DEFINICIONES

A los fines de la presente Guía se definen los términos siguientes:

**Dispensa:** Eliminación por el organismo regulador de todo control reglamentario ulterior respecto de materiales radiactivos o de objetos radiactivos utilizados en prácticas autorizadas.

*Para describir este concepto se usan diversos términos en diferentes Países. (Desclasificación en España y en Cuba)*

*La eliminación del control, en este contexto, se refiere al control aplicado a efectos de protección radiológica.*

**Desechos radiactivos:** A efectos legales y reglamentarios, desechos que contienen radionucleidos en concentraciones o con actividades mayores que los niveles de dispensa establecidos por el órgano regulador, o que están contaminados con ellos y para los cuales no se prevé ningún uso ulterior.

*Esta definición tiene solamente una finalidad reguladora. Los materiales con concentraciones de la actividad iguales o menores que los niveles de dispensa son radiactivos desde un punto de vista físico, si bien el peligro radiológico asociado se considera despreciable.*

**Nivel de dispensa:** Valor, establecido por un órgano regulador y expresado en función de la concentración de la actividad y/o de la Actividad total, por encima del cual una fuente de radiación no se debe liberar del control reglamentario.

**Fuente:** Cualquier elemento que pueda causar exposición a las radiaciones, por ejemplo, por emisión de radiación ionizante o de materiales o sustancias radiactivas – y que pueda tratarse como un todo a efectos de la protección y seguridad tecnológica.

**Fuente sellada:** que contiene material radiactivo, permanentemente confinado en una capsula o firmemente agregado y en forma sólida.

**Fuente no sellada:** Material radiactivo en un estado físico tal que puede ser dispersado al ambiente e incorporado por las personas.

**Periodo de semidesintegración:** Tiempo necesario para que la actividad de un radionucleido se reduzca a la mitad, por un proceso de desintegración radiactiva.

**Periodo de semidesintegración muy corto:** Periodo de semidesintegración inferior a 100 días.

**Gestión de desechos radiactivos:** Conjunto de actividades administrativas y operacionales que se ocupan de la manipulación, el tratamiento previo, el tratamiento, el acondicionamiento, el transporte, el almacenamiento y la disposición final de los desechos radiactivos.

**Vía de gestión convencional:** Aquella que no está sometida al control regulador radiológico, sin perjuicio del cumplimiento de otra normativa que le sea de aplicación.

**Caracterización de desechos:** Determinación de las propiedades físicas, químicas y radiológicas de los desechos, con objeto de determinar la necesidad de ajustes, tratamiento o acondicionamiento adicionales, o su adecuación para la manipulación, el procesamiento o el almacenamiento posteriores, o para la disposición final.

**Disposición final:** Colocación de los desechos en una instalación apropiada sin intención de recuperarlos. El término disposición final implica que no hay intención de recuperación; pero no significa que la recuperación no sea posible. En algunos países incluye la descarga de efluentes al medio ambiente.

**Fuente sellada en desuso:** es una fuente radiactiva que ya no se utiliza, ni se tiene la intención de utilizar en la práctica para la cual se otorgó la autorización.

**Pequeñas cantidades de desechos:** se refiere cuando las cantidades en cuestión son como máximo del orden de una tonelada por año.

**Segregación:** etapa de la gestión de los desechos radiactivos donde los tipos de desechos o materiales son separados, o se mantienen separados, de acuerdo con sus propiedades radiológicas, químicas y/o físicas, a fin de facilitar la manipulación y/o el procesamiento de los desechos.

**Desecho peligroso:** aquel que además de ser radiactivo posea otros riesgos nocivos para la salud y el medio ambiente. Entiéndase por otros riesgos: explosivos, inflamables, susceptibles de combustión espontánea, oxidantes, tóxicas, infecciosas, y corrosivas.



### **3. VALORES DE DISPENSA PARA LOS DESECHOS RADIACTIVOS**

El concepto de dispensa presupone que los materiales o fuentes podrán ser liberados del control regulador, siempre que se demuestre que los riesgos radiológicos derivados de los materiales dispensados, sean tan bajos, que no sea preciso su control regulador, sin que exista probabilidad apreciable de que se den situaciones que pudieran conducir a un incumplimiento del criterio general de dispensa, o que el control regulador constante de los materiales no reporte beneficio neto alguno, en el sentido de que ninguna medida de control razonable daría resultados que mereciesen la pena en lo que respecta a la reducción de las dosis individuales o de los riesgos para la salud. [1]

Cuando la dispensa se lleva a cabo, si los desechos no poseen características peligrosas, se liberan al medio ambiente sin restricción alguna y no hay necesidad de monitoreo radiológico posterior.

#### **3.1. Criterios radiológicos generales para la dispensa.**

Los materiales podrán quedar dispensados del control regulador sin ulterior examen, siempre que, en todas las circunstancias razonablemente previsibles, se satisfagan los siguientes criterios:

- la dosis efectiva que se prevea recibirá cualquier persona a causa de los materiales dispensados sea del orden de 10  $\mu\text{Sv}$  o menos en un año,
- a fin de tener en cuenta escenarios de baja probabilidad, puede utilizarse un criterio diferente, a saber, que la dosis efectiva que se prevea recibirá cualquier persona en esos escenarios de baja probabilidad no exceda de 1 mSv en un año.

Dado que los criterios radiológicos de dispensa se expresan en términos de dosis y no se pueden utilizar directamente para el establecimiento de los niveles de dispensa. De ahí, que es necesario convertirlos en cantidades prácticas. En este contexto, magnitudes útiles son la concentración de la actividad (Bq/g), contaminación superficial (Bq/cm<sup>2</sup>), actividad total (Bq/año), etc.

#### **3.2. Niveles de dispensa.**

##### **3.2.1. Desechos sólidos.**

Como ya se ha mencionado, en las NBS [1], se establecen valores de dispensa para grandes cantidades de materiales sólidos (más de 1 tonelada), expresados en valores de concentración de actividad para cada uno de los radionucleidos. En el caso de las instalaciones radiactivas donde se generan pequeñas cantidades de desechos radiactivos, utilizar estos niveles de dispensa resulta conservador y de aplicarse tal cual, elevaría significativamente los volúmenes de desechos y por ende los costos de la gestión.

Es por ello que en este documento se propone utilizar como niveles de dispensa para los desechos sólidos, los valores de exención que se establecen en las NBS [1], que se presentan en el Apéndice A. Tabla A1.1 de esta guía.

Los valores de dispensa que se presentan en las NBS [1], son más restrictivos que los niveles de exención, y se podrán emplear para instalaciones que generen desechos radiactivos en grandes cantidades, por encima de 1 Tonelada al año.

### **3.2.2. Desechos Líquidos.**

En la actualidad, en los documentos del OIEA no se establecen niveles de dispensa para desechos líquidos expresados en valores de concentración de actividad, no obstante, en el TECDOC 1000 [4], se recomiendan niveles de dispensa genéricos para desechos líquidos, pero expresados en valores de actividades totales anuales. Estos niveles fueron calculados teniendo en cuenta escenarios de descarga al alcantarillado y a los ríos, pero sólo para liberaciones continuas, extendidas en el tiempo.

Sin embargo, para la implementación práctica de la dispensa es conveniente establecer niveles de dispensa, expresados en valores de concentración de actividad. Estos valores se complementan con los de actividad anual y deberían ser tenidos en cuenta para decidir la dispensa de materiales líquidos en una instalación. Esto es necesario tenerlo en cuenta ya que:

- El límite de actividad anual para cada radionucleido supone una restricción al límite de concentración de actividad ya que de otro modo podría descargarse al medio ambiente una actividad ilimitada con la única condición de que se respetase el límite de concentración de actividad y
- El límite de concentración de actividad previene descargas puntuales muy elevadas, que pudieran significar el vertido de toda la actividad anual autorizada en una sola descarga.

En esta guía se recomiendan valores de dispensa para desechos líquidos expresados en valores de concentración de actividad, tomando como referencia los establecidos en la normativa vigente de algunos países que integran el FORO, los que se presentan en el Apéndice A. Tabla A1.2 de la presente Guía. Además, se dan los niveles de dispensa genéricos para desechos líquidos, expresados en valores de actividades anuales tal como se muestran el Apéndice A. Tabla A1.3 de la presente guía. [4].

### **3.3. Dispensa condicionada o específica**

La dispensa condicionada o específica se aplica cuando se pretenden dispensar desechos con contenido radiactivo superior a los niveles de dispensa, imponiéndoles condiciones para el vertido al medio ambiente. Por ejemplo, se puede definir una vía de gestión previamente seleccionada por el operador luego de una evaluación por parte de la Autoridad Reguladora.

Es recomendable que las Autoridades Reguladoras otorguen autorizaciones de dispensa condicionada para cada caso en particular, y en la solicitud se demuestre por parte de los operadores que se cumplen los criterios radiológicos para la dispensa.

Las solicitudes de dispensa condicionada o específica, deberían estar acompañadas de la documentación de origen y características del desecho, el programa de control radiológico de los desechos a dispensar, la vías y lugar de vertido de los desechos, la evaluación del impacto radiológico y los valores de los niveles de dispensa que se deriven en consecuencia.

## **4. METODOLOGIA PARA LA DISPENSA DE DESECHOS RADIATIVOS**

### **4.1. Metodología general.**

Los desechos radiactivos que cumplen los criterios radiológicos para la dispensa podrán ser liberados del control regulador radiológico y gestionarse utilizando las vías convencionales cumpliendo las regulaciones que al efecto están establecidas.

Es importante tener en cuenta que previo a la dispensa de los desechos radiactivos se debería aplicar un programa para el control radiológico, con el objetivo de verificar que el contenido de actividad en los desechos potencialmente dispensables sea inferior a los niveles de dispensa establecidos por la Autoridad Reguladora.

Para cada una de las etapas que constituyen el proceso de dispensa se dispondrá de procedimientos específicos que aseguren que el proceso se lleva a cabo en el marco de un sistema de control de calidad y se debería de disponer de un sistema de archivo de los registros e informes generados en el proceso de dispensa.

La metodología general para la aplicación de la dispensa debería incluir los siguientes elementos:

#### Segregación, colección y etiquetado

La segregación de los desechos se debería llevar a cabo a los fines de reducir los volúmenes de desechos, facilitar la manipulación y el procesamiento, para lo cual se deberá de disponer de sistemas adecuados para la recolección, y procedimientos donde se establezcan los criterios para realizarla. Preferiblemente la segregación debería llevarse a cabo en el lugar donde se originan los desechos y se podrían emplear diferentes criterios acordes a las características de los desechos y de la propia instalación.

Los contenedores o envases de los desechos deberían estar debidamente señalizados y etiquetados y contener información clara sobre el contenido, tal como: radionucleido, fecha de generación, peso, actividad medida o estimada, fecha de la medición o estimación, fecha probable de vertido, vía de evacuación, etc.

#### Medición de la actividad del desecho.

La medición de la actividad es una de las tareas más complejas del proceso de dispensa debido a la diversidad de envases para la recolección de los desechos que trae consigo diversas geometrías de medición. Es por ello que cada instalación debería establecer un procedimiento de medición acorde al envase del desecho y a los equipos que posean para llevar a cabo la medición.

Es importante destacar que la actividad involucrada en las prácticas médicas y en los laboratorios es siempre conocida (en cuanto a radionucleido y actividad) y que la actividad remanente en los desechos puede ser estimada en función de las características de la práctica y los tiempos transcurridos.

Por ejemplo, en terapia metabólica existen dos fases diferenciadas en lo que se refiere a la generación de desechos. Por un lado, los producidos en las etapas correspondientes a la preparación/administración de la actividad y por otro los generados por el paciente una vez incorporada la actividad. La vía de administración puede ser oral e intravenosa en dependencia del tratamiento.

Los métodos de evaluación de actividad son diferentes en los desechos que se generan en las etapas de preparación y administración de la dosis y en los desechos procedentes del paciente.

En las fases de preparación/administración la caracterización radiológica se realiza por medida directa en activímetro para los isótopos gamma. Para los isótopos beta el porcentaje de actividad residual se puede determinar, por medida de la tasa de dosis a una cierta distancia del material (vial y jeringuilla) con el producto radiactivo y vacío después de su administración, tanto en la fase de preparación como en la de inyección del producto radiactivo. En estas medidas es

importante la reproducibilidad de la geometría cuando se realizan con el producto radiactivo y una vez administrado.

En los desechos generados por el paciente, el método para evaluar la actividad en las bolsas está basado en la medida de la tasa de dosis a una distancia determinada.

Los procedimientos que se proponen para la medición de la actividad en los desechos líquidos y sólidos tienen la finalidad de llevar a cabo la dispensa de los desechos resultantes, de ninguna manera se trata de mediciones precisas para caracterizar desechos y con ellos no se prevén que existan riesgos elevados de exposición de los operadores; de allí que es posible hacer simplificaciones en los procedimientos de medición y cálculos como se describen.

#### Evaluación de las opciones de gestión, almacenamiento y dispensa.

Una vez realizada la medición de la actividad del desecho que se pretende dispensar, es preciso decidir la opción de gestión, y para ello se podría tener en cuenta el diagrama del Apéndice B.1 de la presente Guía.

Si la concentración de actividad del desecho es menor que el nivel de dispensa establecido para el radionucleido involucrado, se procederá a gestionar el material como desecho convencional. En caso de ser un desecho peligroso se deberá transferir a un gestor de desechos peligrosos acorde con lo establecido por cada país.

Si la concentración de actividad del desecho es mayor que el nivel de dispensa y el radionucleido involucrado tiene un período de semidesintegración muy corto, menor a 100 días, se podrá almacenar para dejar decaer en la propia instalación hasta que su concentración de actividad sea inferior a los niveles de dispensa y luego ser gestionado por vías convencionales, siempre y cuando no sea un desecho peligroso.

Si la concentración de actividad del desecho es mayor que el nivel de dispensa y el radionucleido involucrado tiene un período de semidesintegración mayor a 100 días, se debería transferir a una instalación de gestión de desechos radiactivos autorizada para evitar períodos de almacenamiento prolongados dentro de las instalaciones radiactivas.

Durante el almacenamiento de los desechos radiactivos para su decaimiento hasta alcanzar los niveles de dispensa, se debería asegurar que las condiciones de seguridad estén en concordancia con las recomendaciones establecidas por la Autoridad Reguladora. La instalación debería contar con un área destinada al almacenamiento de los desechos en espera de decaimiento.

Partiendo del valor de concentración de actividad del desecho, se procede a determinar, en caso que sea necesario, el tiempo de decaimiento hasta alcanzar el nivel de dispensa para el/los radionucleido/s involucrado/s.

El tiempo de decaimiento se podría determinar utilizando la expresión (1) de decaimiento radiactivo siguiente:

$$t = \frac{T_{1/2} \cdot \ln \left| \frac{C_A}{N_D} \right|}{\ln 2} \quad (1)$$

$T_{1/2}$ : Período de semidesintegración del radionucleido

$N_D$ : Nivel de dispensa del radionucleido involucrado (Bq/g o Bq/l)

$C_A$ : Concentración de actividad del radionucleido (Bq/g o Bq/l)

Una vez transcurrido el tiempo de decaimiento  $t$  y antes de proceder a liberar el material al medio ambiente, se debería realizar un control radiológico de verificación. Por ejemplo, una medida del orden de 2 veces el fondo puede ser indicativa de un error que debería investigarse y, si fuera necesario, repetir el proceso.

Antes de proceder a la dispensa de materiales al medio ambiente se debería retirar toda etiqueta o símbolo de radiactividad.

#### Completamiento de los registros.

Para el control y seguimiento de cada una de las etapas que constituyen el proceso de gestión de los desechos radiactivos, en la instalación se debería de disponer de registros adecuados y que garanticen que los procedimientos se han llevado a cabo en el marco de un sistema de gestión de la calidad y que los desechos son trazables desde su generación hasta su destino final. Estos registros deberían conservarse al menos por el periodo de vida útil de la instalación.

En la presente guía se proponen ejemplos de formato de registro de la dispensa tanto para los desechos sólidos, líquidos y fuentes selladas y además se brinda una herramienta en Excel para el registro de manera más sencilla y práctica para que pueda ser utilizado por las instalaciones.

## **4.2. Dispensa de desechos sólidos**

En las instalaciones radiactivas se generan desechos radiactivos sólidos que generalmente son heterogéneos. En su mayoría se producen por contaminación con el material radiactivo que se utiliza para llevar a cabo las diferentes prácticas en la instalación, tal es el caso de los viales de almacenamiento de las soluciones radiactivas, los generadores de Mo–Tc, guantes, papeles, plásticos, agujas, algodones, jeringuillas, pipetas y en general, instrumental que se haya contaminado radiológicamente, como también ropas y utensilios.

#### Segregación, colección y etiquetado

En el caso de los desechos sólidos, teniendo en cuenta su tipología los desechos sólidos, la segregación se puede hacer según la clasificación siguiente:

- Compactables: aquellos materiales a los que se les pueden aplicar sistemas de compactación para la reducción de su volumen: papeles, guantes, viales, tubos de ensayo, etc.
- No compactables: materiales metálicos: agujas hipodérmicas, materiales punzantes, etc.
- Desechos peligrosos: riesgo biológico, químico o bacteriológico. Ejemplo: animales y sus restos anatómicos provenientes de los animalarios en los que se realizan marcajes radiactivos in vivo.

Teniendo en cuenta el periodo de semidesintegración se pueden dividir:

- Período de semidesintegración  $< 100$  días
- Período de semidesintegración  $> 100$  días

Los desechos sólidos que contienen radionucleidos con periodo de semidesintegración menor a 100 días, podrán ser dispensados del control regulador, luego de un tiempo de almacenamiento adecuado en la propia instalación, hasta que alcancen los valores de dispensa establecidos y teniendo en cuenta el radionucleido involucrado.

Los desechos sólidos que contienen radionucleidos con periodo de semidesintegración mayor a 100 días, se recomienda que sean transferidos a un gestor de desechos radiactivos autorizados para evitar períodos de almacenamiento prolongados dentro de las instalaciones radiactivas.

Para la colección de los desechos sólidos con radionucleidos emisores beta se deberían emplear en la medida de lo posible, bolsas de menor tamaño y menos grosor que las empleadas para los emisores gamma a los fines de reducir la autoabsorción de las partículas beta en el momento de realizar las mediciones y poder estimar la actividad de la bolsa.

#### Medición de la actividad del desecho.

Las instalaciones deberían establecer un método sencillo y práctico para estimar la actividad de los desechos y tener en cuenta la posible existencia de blindajes que enmascaren el resultado y hacer las correcciones pertinentes.

En el Apéndice C.1 de la presente Guía se muestran consideraciones de cómo llevar a cabo las mediciones de actividad de los desechos sólidos de manera muy simple a partir de la medición de tasa de dosis y de la tasa de conteos.

#### Evaluación de las opciones de gestión, almacenamiento y dispensa.

Una vez realizadas las mediciones de actividad de los desechos que se pretenden dispensar se define la opción de gestión tomando como referencia el diagrama del Apéndice B.1 de la presente guía y se procede a la gestión como desecho convencional en el caso de aquellos desechos que cumplan con el nivel de dispensa y no sean peligrosos o se dejan decaer en la instalación una vez calculado el tiempo de decaimiento según la expresión (1) de la presente guía. Para los desechos que la dispensa no sea factible se debería transferir a una instalación de desechos radiactivos.

#### Completamiento de los registros.

Para la dispensa de los desechos sólidos, se propone el formato de Registro, que se presenta en el Apéndice D Tabla D1.1 de la presente Guía.

### **4.3. Dispensa de desechos líquidos**

En las instalaciones que se utilizan fuentes radiactivas no selladas se generan desechos radiactivos líquidos, generalmente de baja actividad y períodos de semidesintegración muy cortos. Estos desechos líquidos proceden principalmente de:

- análisis clínicos y soluciones radiactivas sobrantes que no han sido utilizadas para uso terapéutico, de diagnóstico o de investigación.
- lavado de material radiactivo contaminado, en especial para la descontaminación de material, zonas y personas.
- Soluciones orgánicas que pueden ser o no miscibles con agua, por ejemplo, líquidos de centelleo.
- excretas de los pacientes a los que se ha administrado material radiactivo con fines diagnósticos o terapéuticos.

Una parte significativa de los desechos líquidos generados en el ámbito de la medicina nuclear, la constituyen las orinas de los pacientes sometidos a tratamiento con material radiactivo, especialmente con I-131.

La gestión de desechos líquidos incluye varias etapas que se describen a continuación:

#### Segregación, colección y etiquetado

Para llevar a cabo la segregación de los desechos líquidos, se debería disponer de sistemas adecuados para su recolección y criterios para realizarla. Es importante tener en cuenta que la segregación se debería llevar a cabo en el lugar de origen de los desechos.

Atendiendo a su naturaleza química los desechos líquidos, pueden dividirse en dos grupos, que podría definir su posterior vía de gestión:

- Líquidos acuosos
- Líquidos no miscibles en agua

Los líquidos no miscibles en agua (ejemplo: líquidos de centelleo) no debieran ser evacuados a la red general de alcantarillado.

Otro aspecto a tener en cuenta para llevar a cabo la segregación son otros riesgos no radiológicos tales como: riesgo químico o biológico.

Es importante tener en cuenta la composición química del desecho líquido para determinar el envase más idóneo para la recolección de los mismos, pues, por ejemplo, los solventes orgánicos no deberán ser envasados en materiales plásticos, así como tampoco los ácidos fuertes. Es recomendable primero caracterizar químicamente el desecho líquido (incluyendo su pH) para luego determinar en qué tipo de material es más recomendable recolectarlo y luego llevar a cabo las mediciones.

#### Medición de la actividad del desecho.

Cada instalación debería identificar los métodos y disponer de procedimientos para la asignación de la actividad.

En el caso de las instalaciones de Medicina Nuclear, por ejemplo, la medición se puede hacer en cámaras de ionización tipo pozo, en las que se introduce el vial o la jeringuilla, que deberían estar calibrados acorde al radionucleido. Un ejemplo de procedimiento para llevar a cabo las mediciones se presenta en el Apéndice C.2 de la presente guía.

Por ejemplo, en el caso de los pacientes sometidos a tratamiento con material radiactivo, principalmente en la terapia con I-131 en la que se administran actividades elevadas de este radionucleido (del orden de GBq), gran parte de la actividad que se suministra al paciente se elimina vía urinaria, por lo que se deberían almacenar las orinas hasta que se alcancen niveles de concentración de actividad inferiores a los niveles de dispensa y puedan evacuarse al sistema de alcantarillado público.

Existen instalaciones que disponen de tanques de almacenamiento con sistemas de vertido, automático o manual, y canalización independiente. En este tipo de instalaciones se debería

considerar además de la concentración de actividad del desecho líquido, la tasa de liberación anual.

#### Evaluación de las opciones de gestión, almacenamiento y dispensa.

Una vez hecha la medición de la actividad de los desechos líquidos, se decidirá su vía de gestión posterior, tomando como referencia el diagrama que se muestra en el Apéndice B.1 de la guía.

Para determinar si se aplica la dispensa se debería comparar el valor de la concentración de actividad del desecho líquido con los niveles de dispensa. Si la concentración de actividad del desecho está por debajo de los niveles de dispensa, se podrá proceder a la gestión como desecho convencional, excepto que sea considerado peligroso, en tal caso se procederá a gestionar como desecho peligroso.

Si la concentración de actividad del desecho está por encima de los niveles de dispensa el desecho se considerará como desecho radiactivo hasta tanto cumpla con los niveles de dispensa. En este caso los desechos se podrán dejar decaer en la propia instalación el tiempo necesario hasta alcanzar los niveles de dispensa. Una vez que ha transcurrido este tiempo, se debería realizar una medición de comprobación y se procede a su vertido al medio ambiente.

La medición de comprobación debería ser tomada sobre una muestra lo más homogénea posible. Cada instalación debería disponer de los equipos de medición adecuados acorde a los radionucleidos que emplean.

En cualquiera de los casos, los desechos peligrosos se deberían gestionar cumpliendo con las regulaciones pertinentes a su naturaleza.

Los desechos líquidos cuya concentración de actividad sea superior a los valores de dispensa y que contengan radionucleidos con periodo de semidesintegración superior a 100 días se deberían transferir a una instalación de gestión de desechos radiactivos debidamente autorizada, acorde con la legislación de cada país.

Para determinar si un desecho líquido es dispensable además de fijar valores de concentración de actividad, se debería tener en cuenta el cumplimiento del límite de actividad anual para cada radionúclido.

Los contenedores para el almacenamiento de los desechos radiactivos líquidos deberían tener las características siguientes:

- Ser robustos, y resistentes al deterioro
- Poseer características anti-derrames y ser de fácil manipulación
- Compatibles con el contenido del desecho
- Capaces de ser llenados y vaciados de manera segura.

#### Completamiento de los registros.

Para la dispensa para los desechos líquidos, se propone el formato de Registro, que se presenta en el Apéndice D Tabla D1.2 de la presente guía.

Una vez generado el desecho se debería rotular el contenedor con la identificación del radionucleido, periodo de semidesintegración y volumen.



Una vez que se cierra el contenedor se debería estimar la actividad y registrar la fecha. La estimación de la actividad de la muestra debería tener en cuenta la actividad inicial del radionucleido empleado y la fracción residual de la misma. Esto debería estar considerado en los procedimientos de la propia instalación.

Una vez transcurrido el periodo de decaimiento se deberían tomar muestras y realizar la medición de la actividad, se determina la concentración de la actividad del desecho y se registra. Si luego de la comprobación a través de la medición se verifica que se han alcanzado los niveles de dispensa, se podrá proceder al vertido al medio ambiente registrando la fecha de realización.

Es necesario tener en cuenta, además de los niveles de dispensa en función de la concentración de actividad, el cumplimiento del límite de liberación anual para cada radionucleido.

#### **4.4. Dispensa de desechos con mezclas de radionucleidos.**

En ciertas instalaciones se emplean diferentes tipos de radionucleidos con características similares que pueden resultar en mezclas en el proceso de gestión de los desechos. Con el objetivo de garantizar que se cumplen los criterios para la dispensa establecidos, se debería tener en cuenta la contribución de la actividad de cada uno de ellos.

La suma de las concentraciones de la actividad de los distintos radionucleidos debe ser inferior al nivel de dispensa derivado para la mezcla dada.

La siguiente expresión es la que debería cumplir una mezcla de desechos para poder llevar a cabo la dispensa.

$$X_m = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \frac{f(i)}{X(i)}}$$

donde

$X_m$  = valor de concentración de actividad para la mezcla

$f(i)$  es la fracción de concentración de actividad del radionucleido  $i$  en la mezcla

$X(i)$  es el nivel de dispensa aplicable al radionucleido  $i$

$n$  es el número de radionucleidos presentes

Alternativamente, se podría considerar que toda la actividad del desecho se atribuye al radionucleido de mayor periodo de semidesintegración.

## 5. DISPENSA DE FUENTES SELLADAS EN DESUSO

En ciertas prácticas se utilizan fuentes selladas que al final de su vida útil podrán ser consideradas para dispensa, teniendo en cuenta que las fuentes deben ser de muy baja actividad o período de semidesintegración muy corto [5,6]. Esto generalmente aplica, por ejemplo, a fuentes de calibración y chequeo de período de semidesintegración muy corto como pueden ser P-32, I-125, Ir-192 y Po-210.

Para la dispensa de fuentes selladas en desuso se recomienda emplear los niveles de exención para los desechos sólidos de las NBS [1]. Estos niveles se presentan en el Apéndice A Tabla A1.4 de la presente Guía.

El diagrama para la gestión de las fuentes selladas en desuso se presenta en el Apéndice B.2 de la presente guía.

Las fuentes selladas en desuso cuyo valor de actividad esté por debajo de los niveles de dispensa, podrían ser gestionados en instalaciones para desechos convencionales tales como: áreas controladas de desechos sanitarios, vertederos municipales u otro que no sea de dominio público.

Si el valor de actividad esté por encima de los niveles de dispensa, las fuentes en desuso podrían almacenarse en la propia instalación, hasta alcanzar los niveles de dispensa.

Para aquellos países donde los desechos convencionales no cuenten con instalaciones de gestión controladas debería considerarse si esta opción es factible de acuerdo a lo que establezca la Autoridad Reguladora.

Las fuentes selladas que hayan perdido su integridad o presenten fugas, no podrán ser dispensadas nunca del control regulador, por lo que deberán gestionarse a través de un gestor autorizado de desechos radiactivos.

Para poder dispensar las fuentes selladas en desuso se debería contar preliminarmente con la siguiente información:

- Certificado de fabricación de la fuente sellada (actividad y radionucleido)
- Resultados de la prueba de fuga.

Para la dispensa de las fuentes selladas, se propone el formato de Registro, que se presenta en el Apéndice D tabla D1.3 de la presente guía.

## **6. CONTROL DE LA DISPENSA POR LA AUTORIDAD REGULADORA**

La dispensa de material radiactivo es un proceso que debe ser autorizado por la Autoridad Reguladora, quien debería verificar que la metodología de dispensa empleada por los usuarios de material radiactivo cumple con el objetivo de proteger a las personas y el medio ambiente, respetando los criterios establecidos.

Además de los aspectos generales de seguridad para la gestión de desechos radiactivos, la Autoridad Reguladora debe verificar que se cumplan con los niveles de dispensa establecidos al efecto.

Para ello durante las inspecciones reguladoras, podría verificar los métodos utilizados, los registros, realizar mediciones directas o en laboratorios de muestras representativas, o cualquier otro método que considere apropiado. Asimismo, podrá incluir durante las inspecciones el control de todas las etapas del proceso de dispensa, por ejemplo: los métodos de segregación de corrientes residuales, los periodos de almacenamiento para decaimiento, los procedimientos empleados, etc.

La Autoridad Reguladora debería requerir que los registros en relación con la gestión de los desechos estén actualizados y disponibles durante el periodo de tiempo que establezca. Ejemplos de los registros para la dispensa para los diferentes tipos de desechos, se brindan en esta Guía.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1]	ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Protección radiológica y seguridad de las fuentes de radiación, Normas Básicas internacionales de seguridad, Colección de Normas de seguridad del OIEA, GSR Parte 3, OIEA, Viena (2011)
[2]	ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Gestión previa a la disposición final de desechos radiactivos, Colección de Normas de Seguridad del OIEA N° GSR Parte 5, OIEA, Viena (2010)
[3]	ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Aplicación de los conceptos de exclusión, exención y dispensa, Colección de Normas de Seguridad del OIEA No. RS-G-1.7, OIEA, Viena (2007).
[4]	ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Dispensa de materiales provenientes del uso de radionucleidos en la medicina, la industria y la investigación, TECDOC 1000, OIEA, Viena (1998)
[5]	ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Gestión de desechos procedentes de la utilización de materiales radiactivos en medicina, industria, agricultura, investigación y educación. Colección de Normas de Seguridad del OIEA No.WS-G-2.7, OIEA, Viena (2009).
[6]	INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Management of Disused Sealed Radioactive Sources, IAEA NUCLEAR ENERGY SERIES No. NW-T-1.3, Vienna 2014
[7]	Publicación del Centro Nacional de Seguridad Nuclear (CNSN) de Cuba: Resolución 1/2004 del CNSN “Guía sobre niveles de desclasificación incondicional de materiales sólidos con muy bajo contenido radiactivo y descargas de líquidos y de gases al medio ambiente”
[8]	Publicación de la Comisión Nacional de Energía Nuclear de Brasil, Norma CNEN-NN-8.01.
[9]	Guía Técnica de gestión de materiales residuales con contenido radiactivo procedentes de instalaciones del ámbito sanitario. Publicación SEPR No. 6 (2002)

## APÉNDICE A

**TABLA A1.1: Niveles de dispensa para desechos sólidos en instalaciones donde se generan pequeñas cantidades de desechos (<1 ton/año)**

Radionucleido	Nivel Dispensa
	(Bq/g)
C-11	1.00E+01
O-15	1.00E+02
F-18	1.00E+01
Na-24	1.00E+01
P-32	1.00E+03
P-33	1.00E+05
S-35	1.00E+05
Sc-46	1.00E+01
Cr-51	1.00E+03
Co-58	1.00E+01
Fe-59	1.00E+01
Ga-67	1.00E+02
Ga-68	1.00E+01
Sr-85	1.00E+01
Rb-86	1.00E+02
Rb-82m	1.00E+01
Sr-89	1.00E+03
Y-90	1.00E+03
Nb-95	1.00E+01
Tc-99m	1.00E+02
In-111	1.00E+02
I-123	1.00E+02
I-125	1.00E+03
I-131	1.00E+02
Xe-133	1.00E+03
Sm-153	1.00E+02
Er-169	1.00E+04
Au-198	1.00E+02
Tl-201	1.00E+02
Hg-203	1.00E+02

Los radionucleidos típicos considerados fueron extraídos del Cuadro 2, Apéndice I, del WS-G-2.7 [5] y los niveles de dispensa del Cuadro I-1 de las NBS [1]

**TABLA A1.2: Niveles de dispensa para desechos líquidos expresados en valores de concentraciones de actividad.**

Radionucleido	Nivel de Dispensa	
	Cuba <sup>(1)</sup> (Bq/l)	Brasil <sup>(2)</sup> (Bq/m <sup>3</sup> )
Na-22	4.28E+02	1.10E+05
Na-24	3.19E+03	9.30E+05
P-32	5.71E+02	1.70E+05
S-35	1.05E+04	1.90E+06
K-42	3.19E+03	1.10E+06
Ca-47	8.56E+02	1.90E+05
Cr-51	3.61E+04	9.30E+06
Fe-59	7.61E+02	1.90E+05
Co-58	1.85E+03	3.70E+05
Ga-67	7.21E+03	1.90E+06
Sr-85	2.45E+03	7.40E+05
Sr-89	5.27E+02	1.50E+05
Y-90	5.07E+02	1.30E+05
Mo-99	2.28E+03	3.70E+05
Tc-99	2.14E+03	1.10E+06
Tc-99m	6.23E+04	1.90E+09
In-111	4.72E+03	1.10E+06
I-123	6.52E+03	1.90E+06
I-125	9.13E+01	3.70E+04
I-131	6.23E+01	1.90E+04
Pm-147	5.27E+03	1.30E+06
Er-169	3.70E+03	9.30E+05
Au-198	1.37E+03	3.70E+05
Hg-197	1.38E+04	1.50E+06
Hg-203	2.54E+03	1.30E+05
Tl-201	1.44E+04	3.70E+06

Los Niveles de dispensa fueron extraídos de [7] y [8]

**TABLA A1.3: Niveles de dispensa para desechos líquidos expresados en valores de actividad anuales.**

<b>Radionucleido</b>	<b>Descarga anual (Bq/a)</b>
Na-22	1.00E+05
Na-24	1.00E+08
P-32	1.00E+06
S-35	1.00E+09
K-42	1.00E+09
Ca-47	1.00E+08
Cr-51	1.00E+08
Fe-59	1.00E+06
Co-58	1.00E+08
Ga-67	1.00E+08
Sr-85	1.00E+06
Sr-89	1.00E+09
Y-90	1.00E+10
Mo-99	1.00E+08
Tc-99	1.00E+10
Tc-99m	1.00E+09
In-111	1.00E+08
I-123	1.00E+09
I-125	1.00E+08
I-131	1.00E+07
Pm-147	1.00E+10
Er-169	1.00E+10

Los Niveles de dispensa fueron extraídos del TECDOC 1000 [5].

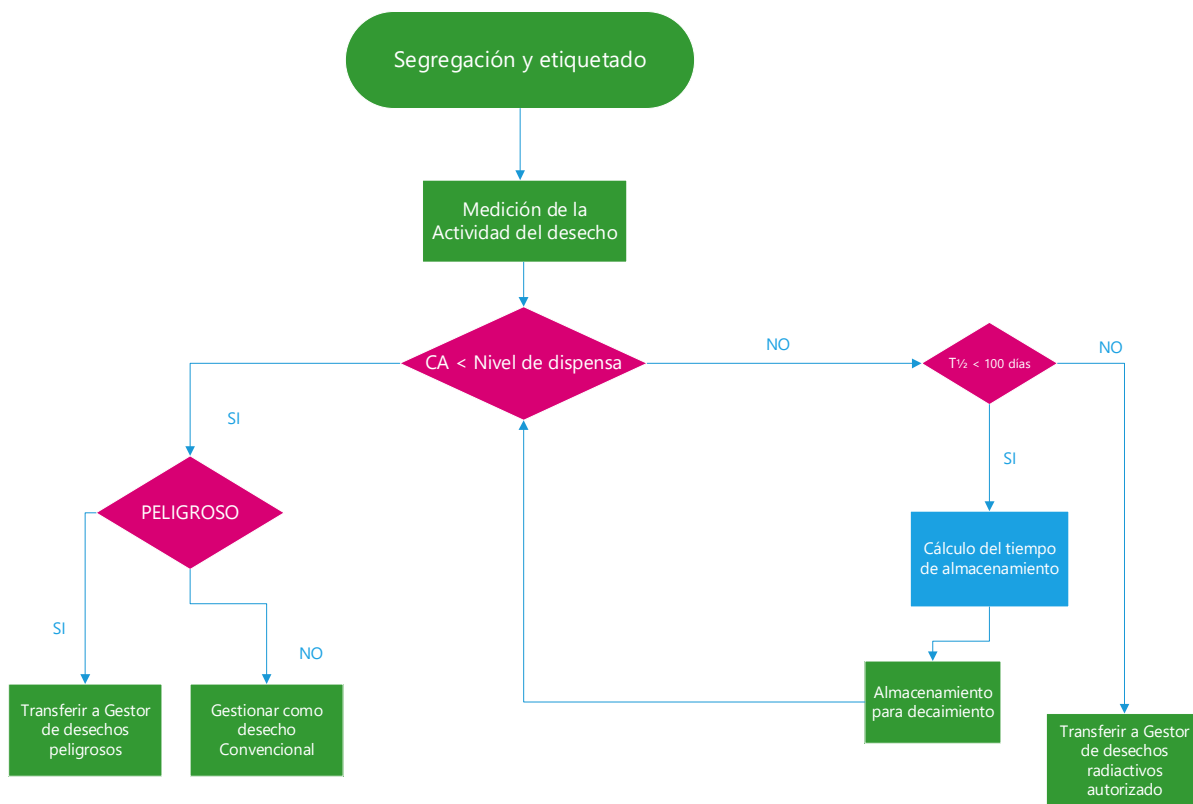
**TABLA A1.4: Niveles de dispensa para fuentes selladas.**

<b>Radionúclido</b>	<b>Nivel Dispensa (Bq)</b>
Na-22	1.00E+06
P-32	1.00E+05
Fe-55	1.00E+06
Co-60	1.00E+05
Ni-63	1.00E+08
Kr-85	1.00E+04
Sr-90	1.00E+04
Pd-103	1.00E+08
Ru-106	1.00E+05
Cd-109	1.00E+06
I-125	1.00E+06
I-129	1.00E+05
Cs-134	1.00E+04
Cs-137	1.00E+04
Pm-147	1.00E+07
Gd-153	1.00E+07
Yb-169	1.00E+07
Ir-192	1.00E+04
Au-198	1.00E+06
Po-210	1.00E+04

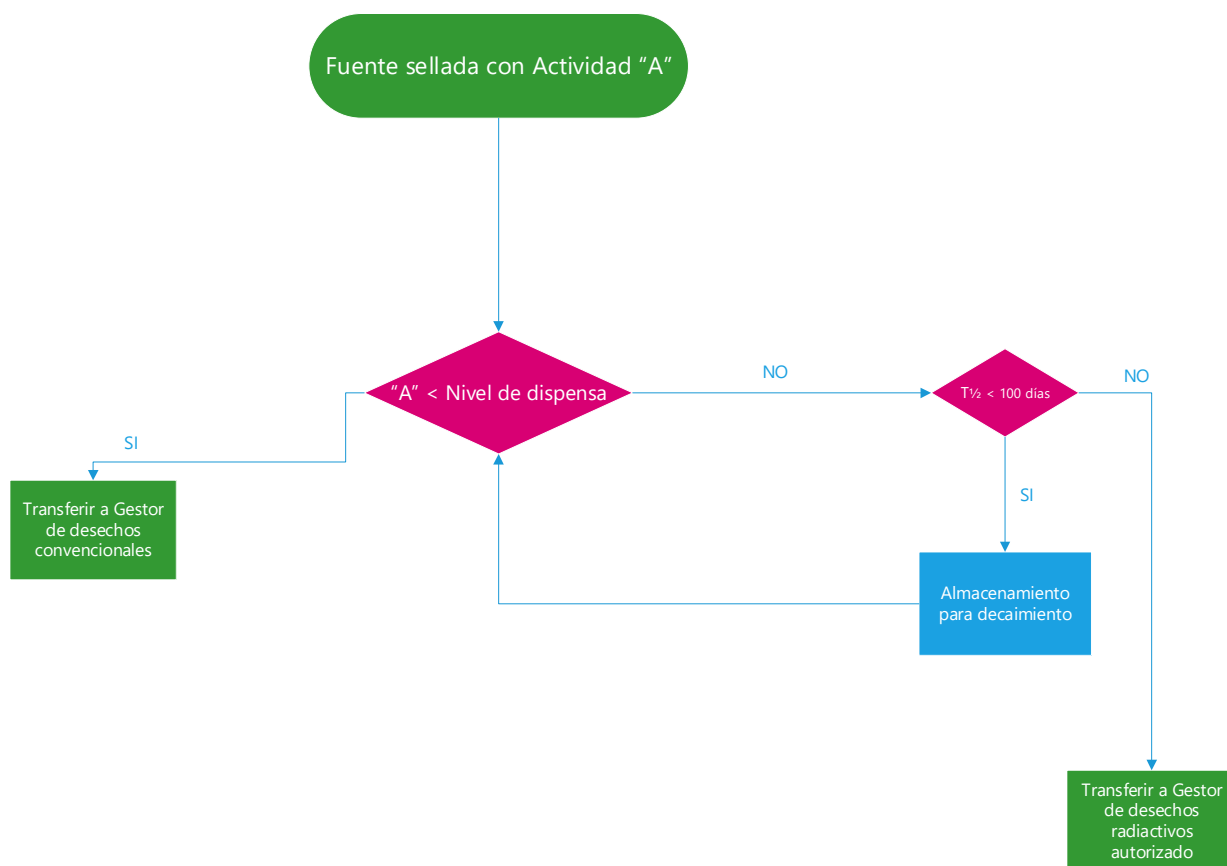
Los radionúclidos típicos considerados fueron extraídos del Cuadro 2, Apéndice I, del WS-G-2.7 [5] y los Niveles de dispensa fueron extraídos del Cuadro I.1 de las NBS [1]



## Apéndice B.1. Diagrama de dispensa para los desechos sólidos y líquidos.



## Apéndice B.2. Diagrama de dispensa para las fuentes selladas.



## Apéndice C.1 Procedimiento de estimación de la actividad para los desechos sólidos.

La estimación de actividad de los desechos sólidos se podría realizar a partir de la medición de la tasa de conteos en un detector, y para el caso de emisores gamma, también se puede estimar la actividad del desecho a partir de la medición de la tasa de dosis.

Se puede asumir que el contenedor del desecho es una *fente puntual*, y se realiza la medición considerando que no existe blindaje.

El empleo del procedimiento de medición siempre debería ser valorado previamente por las entidades para establecer el modo de implementarlo tomando como referencia, entre otros, los aspectos siguientes:

- Naturaleza del radionucleido involucrado y tipo de emisor
- Exposición ocupacional en la que se incurre producto de las operaciones al realizar el procedimiento de medición.
- Disponibilidad del equipamiento para realizar las mediciones.
- Capacidad de almacenamiento de desechos radiactivos.

Como se mencionó anteriormente se puede asumir que la bolsa de los desechos es una fuente puntual tal como se muestra en la Figura No. 1.

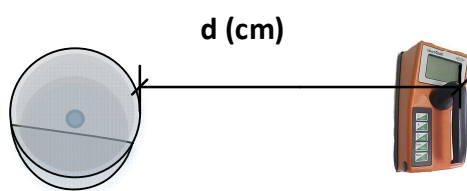


Figura 1. Geometría de medición.

Es conveniente que las mediciones se realicen en el momento que se cierra la bolsa para su etiquetado y traslado al local donde se almacenará, puesto que es el momento en que la actividad de los desechos es mayor.

Se recomienda realizar mediciones en diferentes puntos alrededor de la bolsa y emplear la medición más conservadora (o sea el valor máximo registrado).

### Procedimiento de estimación de la actividad a partir de la medición de la tasa de conteos:

Tomando como referencia la distancia entre la fuente y el detector se puede estimar la concentración de actividad de los desechos utilizando la siguiente expresión:

$$C_A = \frac{N \cdot 4 \cdot \pi \cdot d^2 \cdot Fc}{A_D \cdot \varepsilon \cdot M_B} \quad (1)$$

Donde:

- ✓  $C_A$ : Concentración de actividad del desecho (Bq/g)
- ✓  $N$ : es la medición de los conteos en el detector menos el fondo de radiación (cps)
- ✓  $\epsilon$ : eficiencia del detector utilizado (0 – 1)
- ✓  $A_D$ : área del detector utilizado ( $m^2$ )
- ✓  $d$ : distancia entre la superficie de la bolsa y el detector (m).
- ✓  $M_B$ : Peso de la bolsa de desechos (g)
- ✓  $F_c$ : Factor de corrección (igual a 2)

Para los emisores gamma pueden usarse bolsas más grandes y se recomienda una distancia  $d$  de 0.3 m. Para los emisores beta, con el fin de reducir el efecto de auto blindaje, se recomienda el uso de bolsas más pequeñas y usar una distancia menor, lo más cercana a la superficie de la bolsa, por ejemplo 5 cm.

#### Procedimiento de medición a partir de la medición de la tasa de dosis:

Este procedimiento es válido solamente para emisores gamma, la concentración de actividad del desecho se calcula utilizando la expresión siguiente:

$$C_A = \frac{\dot{D} \cdot d^2 \cdot F_c}{\Gamma \cdot M_B} \quad (2)$$

Donde:

- $C_A$ : Concentración de actividad del desecho (Bq/g)
- $\dot{D}$  : Tasa de dosis a la distancia  $d$ , menos el fondo de radiación (mSv/h)
- $d$ : Distancia entre la superficie de la bolsa y el detector (m)
- $\Gamma$ : constante específica del radionucleido (mSv  $m^2$ /h Bq)
- $M_B$ : Peso de la bolsa de desechos (g)
- $F_c$ : Factor de corrección (igual a 2)

#### Factor de corrección ( $F_c$ )

En cualquier caso, ya sea realizando mediciones de tasa de dosis o tasa de conteos, se debería aplicar un factor de corrección para compensar la desviación en la que se estaría incurriendo al considerar la bolsa de desechos como una fuente puntual.

Para determinar el valor del factor de corrección, se realizó una evaluación de la tasa de dosis y la tasa de conteos a diferentes distancias, para fuentes cilíndricas de diferentes dimensiones considerando la auto absorción en la fuente. Posteriormente se realizó la misma evaluación considerando que la actividad de la bolsa del modelo anterior se concentraba en una fuente puntual. Los valores obtenidos se compararon entre sí y se obtuvo como resultado que multiplicar por 2, el valor de la actividad de los desechos calculado, es una asunción conservadora que permite compensar el hecho de usar la geometría de fuente puntual.

Esto significa que una vez obtenido el valor de concentración de actividad del desecho, este valor de deberá multiplicar por 2.

## Apéndice C.2 Procedimiento de estimación de la actividad para los desechos líquidos.

Debido a que existen varios tipos, formas y volúmenes de envases utilizados para los materiales radiactivos líquidos en las instalaciones médicas y de investigación, no es prácticamente posible medir con un método sencillo uniforme las actividades de los radioisótopos remanentes en todos los tipos de contenedores, después que el material ha sido usado, para proceder a caracterizar el desecho líquido.

Por lo tanto, se recomienda seleccionar contenedores más estandarizados utilizando materiales de referencia certificados (MRC) por un laboratorio para proceder a medir la actividad de los desechos.

Para realizar la medición de actividad de una muestra líquida, es necesario que la muestra sea representativa del volumen total del líquido recolectado. Esto se logra homogenizando el líquido mecánicamente cuando se trata de soluciones acuosas. En el caso de líquidos con separación de fases, será necesario tomar muestra de ambas fases y usar el mayor valor de la concentración radiactiva resultante de la medición de cada una de ellas.

La concentración de actividad de la muestra puede ser estimada empleando la siguiente expresión:

$$C_A = \left( \frac{N - N_0}{\varepsilon \cdot V_M} \right) \cdot Fc \quad (1)$$

$C_A$ : Concentración de actividad del desecho Bq/l

$N$ : Medición de los conteos  $s^{-1}$

$N_0$ : Medición del fondo ( $s^{-1}$ )

$\varepsilon$ : Eficiencia del sistema de medición

$V_M$ : Volumen de la muestra (l)

$Fc$ : Factor de corrección (igual a 1.2)

Las mediciones de la actividad de la muestra se realizarán tomando en cuenta el tipo de desintegración radiactiva del radionucleido presente o en caso de una mezcla el de mayor período de semidesintegración, preferiblemente en un activímetro, contador de pozo o un medidor por centelleo líquido.

En este caso se podría utilizar un factor de corrección para la medición (que se propone como igual a 1,2).









## **LISTA DE AUTORES**

### **Expertos que participaron directamente en el proyecto:**

Bossio, M.C.	Autoridad Regulatoria Nuclear, Argentina
Mendes Ferreira, W.	Comisión Nacional de Energía Nuclear, Brasil
Pastor Parra, M.	Comisión Chilena de Energía Nuclear, Chile
Parra Lozano, J.P.	Ministerio de Minas y Energía, Colombia
Arnau Fernández, A.	Centro Nacional de Seguridad Nuclear, Cuba
Lorenz Pérez, P.	Consejo de Seguridad Nuclear, España
Mut Chablé, D.A.	Comisión de Seguridad Nuclear y Salvaguardias, México
Ampuero Flores, C.	Instituto Peruano de Energía Nuclear, Perú
Nader, A.	Autoridad Reguladora Nacional en Radioprotección, Uruguay
Tellería, D.M.	Organismo Internacional de Energía Atómica

### **Otros expertos que participaron en la elaboración y /o revisión del proyecto fueron:**

Amador, Z. (CENTIS, Cuba)  
Jerez, P. (CNSN, Cuba)  
De la Fuente, A. (CNSN, Cuba)  
Mattos O. Ramos, Manoel. (CNEN, Brasil)  
Álvarez García, C. (CSN, España)  
Gil Gahete, J.M. (CSN, España)  
Álvarez Rico, Y. (CNSNS, México)  
Munive, M. (OTAN, IPEN, Perú)  
Pita, C. (CSEN, IPEN, Perú)  
Laiza, G. (OTAN, IPEN, Perú)  
Paraguay, Y. (OTAN, IPEN, Perú)  
Ravello, Y. (OTAN, IPEN, Perú)

Agradecimiento especial a Julio César Romani por su colaboración en el desarrollo del proyecto y su producto final como responsable del Área Temática de Gestión de Residuos del FORO.