

Capítulo 2.7 Clase 7 - materiales radiactivos

2.7.1 Definición de la Clase 7 - Materiales radiactivos

2.7.1.1 Por *materiales radiactivos* se entenderá todo material que contenga radionucleidos en los cuales tanto la concentración de actividad como la actividad total de la remesa excedan los valores especificados en [2.7.7.2.1](#) a [2.7.7.2.6](#).

2.7.1.2 A efectos del presente Código, no se incluirán en la Clase 7 los siguientes materiales radiactivos:

- a) materiales radiactivos que sean parte integrante del medio de transporte;
- b) materiales radiactivos desplazados dentro de un establecimiento que esté sujeto a reglamentos apropiados de seguridad vigentes en el establecimiento y cuyo desplazamiento no suponga utilización de vías o ferrocarriles públicos;
- c) materiales radiactivos implantados o incorporados en seres humanos o animales vivos con fines de diagnóstico o tratamiento;
- d) materiales radiactivos en productos de consumo que hayan recibido aprobación reglamentaria, después de su venta al usuario final;
- e) materiales naturales y minerales con radionucleidos contenidos naturalmente en ellos que o bien estén en su estado natural o bien hayan sido procesados para fines distintos a la extracción de los radionucleidos, y que no vayan a ser tratados para utilizar dichos radionucleidos, siempre que la concentración de actividad de los materiales no sea 10 veces mayor que los valores especificados en [2.7.7.2](#).
- f) objetos sólidos no radioactivos con sustancias radiactivas presentes en cualesquiera superficies en cantidades que no superen el límite definido en [2.7.2](#).

2.7.2 Definiciones

A_1 y A_2

Por A_1 se entenderá el valor de la actividad de los materiales radiactivos en forma especial que figuran en el cuadro [2.7.7.2.1](#) o que se han deducido en [2.7.7.2](#), y que se utiliza para determinar los límites de actividad a efectos de lo dispuesto en el presente Código.

Por A_2 se entenderá el valor de la actividad de los materiales radiactivos que no sean materiales radiactivos en forma especial que figuran en el cuadro [2.7.7.2.1](#) o que se han deducido en [2.7.7.2](#), y que se utiliza para determinar los límites de actividad a efectos de lo dispuesto en el presente Código.

Aprobación - multilateral y unilateral

Por *aprobación multilateral* se entenderá la aprobación concedida por la autoridad competente pertinente tanto del país de origen del diseño o de la expedición como de cada uno de los países a través de los cuales o al cual se haya de transportar la remesa.

Por *aprobación unilateral* se entenderá la aprobación de un diseño que es preceptivo que conceda la autoridad competente del país de origen del diseño exclusivamente.

Por *sistema de confinamiento* se entenderá el conjunto de sustancias fisionables y componentes del embalaje especificados por el autor del diseño y aprobados por la autoridad competente a objeto de mantener la seguridad con respecto a la criticidad.

Por *sistema de contención* se entenderá el conjunto de componentes del embalaje especificados por el autor del diseño como destinados a contener los materiales radiactivos durante el transporte.

Contaminación - transitoria y fija

Por *contaminación* se entenderá la presencia de una sustancia radiactiva sobre una superficie en cantidades superiores a $0,4 \text{ Bq/cm}^2$ en el caso de emisores beta y gamma o emisores alfa de baja toxicidad, o a $0,04 \text{ Bq/cm}^2$ en el caso de todos los demás emisores alfa.

Por *contaminación transitoria* se entenderá la contaminación que pueda ser eliminada de la superficie en condiciones de transporte rutinarias.

Por *contaminación fija* se entenderá la contaminación que no es contaminación transitoria.

Por *índice de seguridad con respecto a la criticidad (ISC)* asignado a un bulto, sobreenvase o contenedor que contenga sustancias fisionables se entenderá un número que se utiliza para controlar la acumulación de bultos, sobreenvases o contenedores con contenido de sustancias fisionables.

Por *diseño* se entenderá la descripción de los materiales radiactivos en forma especial, materiales radiactivos de baja dispersión, bulto o embalaje, que permita la perfecta identificación de tales elementos. Esta descripción podrá comprender especificaciones, planos técnicos, informes que acrediten el cumplimiento de los requisitos reglamentarios y cualesquiera otros documentos pertinentes.

Por *uso exclusivo* se entenderá el empleo exclusivo por un solo remitente de un medio de transporte o de un gran contenedor, respecto del cual todas las operaciones iniciales, intermedias y finales de carga y descarga sean efectuadas de conformidad con las instrucciones del remitente o del destinatario.

Por *sustancias fisionables* se entenderá el uranio-233, uranio-235, plutonio-239, plutonio-241 o cualquier combinación de esos radionucleidos. Se exceptúan de esta definición:

- a) el uranio natural o el uranio empobrecido no irradiados, y
- b) el uranio natural o el uranio empobrecido que hayan sido irradiados solamente en reactores térmicos.

Por *contenedor* en el caso del transporte de materiales radiactivos se entenderá un elemento del equipo de transporte destinado a facilitar el transporte de mercancías, embaladas o no, por una o más modalidades de transporte, sin necesidad de proceder a operaciones intermedias de recarga. Deberá poseer una estructura de naturaleza permanentemente cerrada, rígida y con resistencia suficiente para ser utilizado repetidas veces; y debe estar provisto de dispositivos que faciliten su

manejo, sobre todo al ser transbordado de un medio de transporte a otro y al pasar de una a otra modalidad de transporte. Por contenedores pequeños se entenderán aquellos en los que ninguna de sus dimensiones externas sea superior a 1,5 m o cuyo volumen interno no exceda de 3 m³. Todos los demás contenedores se considerarán contenedores grandes.

Por *material radiactivo de baja dispersión* se entenderá, bien sea un material radiactivo sólido, o material radiactivo sólido en una cápsula sellada, con dispersión limitada y que no esté en forma de polvo (véase [2.7.10](#)).

Para *materiales de baja actividad específica (BAE)*, véase [2.7.3](#).

Por *emisores alfa de baja toxicidad* se entenderá: uranio natural; uranio empobrecido; torio natural; uranio-235 o uranio-238; torio-232, torio-228 y torio-230, contenidos en minerales o en concentrados físicos o químicos; o emisores alfa con un periodo de semidesintegración de menos de 10 días.

Por *presión normal de trabajo máxima* se entenderá la presión máxima por encima de la presión atmosférica al nivel medio del mar que se desarrollaría en el sistema de contención durante un periodo de un año en las condiciones de temperatura y de irradiación solar correspondientes a las condiciones ambientales en que tiene lugar el transporte en ausencia de venteo, de refrigeración externa mediante un sistema auxiliar o de controles operativos durante el transporte.

Por *bulto* se entenderá el embalaje con su contenido radiactivo tal como se presenta para el transporte. Los tipos de bultos a los que se aplican las presentes disposiciones, sujetos a los límites de actividad y restricciones en cuanto a materiales que figuran en [2.7.7](#), y que satisfacen las disposiciones correspondientes, son:

- a) bulto exceptuado;
- b) bulto industrial de tipo 1 (bulto del tipo BI-1);
- c) bulto industrial de tipo 2 (bulto del tipo BI-2);
- d) bulto industrial de tipo 3 (bulto del tipo BI-3);
- e) bulto del tipo A;
- f) bulto del tipo B(U);
- g) bulto del tipo B(M);
- h) bulto del tipo C.

Por *embalaje/envase* se entenderá el conjunto de todos los componentes necesarios para alojar completamente el contenido radiactivo. En particular, puede consistir en uno o varios recipientes, materiales absorbentes, estructuras de separación, material de blindaje contra las radiaciones y equipo para llenado, vaciado, venteo y alivio de la presión; dispositivos de refrigeración, de amortiguamiento mecánico de golpes, de manipulación y fijación, y de aislamiento térmico, así como dispositivos inherentes al bulto. El embalaje puede consistir en una caja, bidón o recipiente similar, o puede ser también un contenedor, cisterna o recipiente intermedio para graneles.

Por *nivel de radiación* se entenderá la correspondiente tasa de dosis expresada en milisieverts por hora.

Por *contenido radiactivo* se entenderá los materiales radiactivos juntamente con los sólidos, líquidos y gases contaminados o activados que puedan encontrarse dentro del embalaje.

Para *materiales radiactivos en forma especial*, véase [2.7.4](#).

Por *actividad específica* de un radionucleido se entenderá la actividad por unidad de masa de este nucleido. Por actividad específica de un material se entenderá la actividad por unidad de masa o volumen de un material en que los radionucleidos estén distribuidos de forma esencialmente uniforme.

Para *objeto contaminado en la superficie (OCS)*, véase [2.7.5](#).

Por *índice de transporte (IT)* se entenderá un número asignado a un bulto, sobreenvase o contenedor, o a un BAE-I u OCS-I sin embalar, que se utiliza para controlar la exposición a las radiaciones.

Por *torio no irradiado* se entenderá torio que no contenga más de 10⁻⁷ g de uranio-233 por gramo de torio-232.

Por *uranio no irradiado* se entenderá uranio que no contenga más de 2 x 10³ Bq de plutonio por gramo de uranio-235, no más de 9 x 10⁶ Bq de productos de fisión por gramo de uranio-235 y no más de 5 x 10⁻³ g de uranio-236 por gramo de uranio-235.

Por *uranio - natural, empobrecido o enriquecido* se entenderá lo siguiente:

Por *uranio natural* se entenderá uranio obtenido por separación química con la composición isotópica que se da en la naturaleza (aproximadamente 99,28% de uranio-238 y 0,72% de uranio-235, en masa).

Por *uranio empobrecido* se entenderá uranio que contenga un porcentaje en masa de uranio-235 inferior al del uranio natural.

Por *uranio enriquecido* se entenderá uranio que contenga un porcentaje en masa de uranio-235 superior al 0,72%. En todos los casos se halla presente un porcentaje en masa muy pequeño de uranio-234.

2.7.3 Materiales de baja actividad específica (BAE), determinación de grupos

2.7.3.1 Por materiales de baja actividad específica o *materiales BAE* se entenderán los materiales radiactivos que por su naturaleza tienen una actividad específica limitada o los materiales radiactivos a los que son de aplicación límites de la actividad específica media estimada. Para determinar la actividad específica media estimada no deberán tenerse en cuenta los materiales externos de blindaje que circunden a los materiales BAE.

2.7.3.2 Los materiales BAE estarán comprendidos en uno de los tres grupos siguientes:

a) BAE-I

- i) minerales de uranio y torio y concentrados de dichos minerales, y otros minerales con radionucleidos contenidos naturalmente en ellos, que vayan a someterse a tratamiento para utilizar esos radionucleidos;
- ii) uranio natural o uranio empobrecido o torio natural no irradiados en estado sólido, o sus compuestos sólidos o líquidos o mezclas;
- iii) materiales radiactivos para los que el valor de A_2 no tenga límite, excluidas las sustancias fisionables en cantidades que no estén exceptuadas según el párrafo 6.4.11.2; o
- iv) otros materiales radiactivos en los que la actividad esté distribuida en todo el material y la actividad específica media estimada no exceda 30 veces los valores de concentración de actividad que se especifican en 2.7.7.2.1 a 2.7.7.2.6, excluidas las sustancias fisionables en cantidades no exentas en virtud de 6.4.11.2.

b) BAE-II

- i) agua con una concentración de tritio de hasta 0,8 TBq/L; o

ii) otros materiales en los que la actividad esté distribuida por todo el material y la actividad específica media estimada no sea superior a $10^{-4}A_2/g$ para sólidos y gases, y $10^{-5}A_2/g$ para líquidos.

c) BAE-III - sólidos (por ejemplo, desechos consolidados, materiales activados), excluidos polvos, en los que:

- i) los materiales radiactivos se encuentren distribuidos en todo un sólido o conjunto de objetos sólidos, o estén, esencialmente, distribuidos de modo uniforme en el seno de un agente ligante compacto sólido (como hormigón, asfalto, materiales cerámicos, etc.);
- ii) los materiales radiactivos sean relativamente insolubles, o estén contenidos intrínsecamente en una matriz relativamente insoluble, de manera que, incluso en caso de pérdida del embalaje, la pérdida de materiales radiactivos por bulto, producida por lixiviación tras siete días de inmersión en agua, no sería superior a $0,1A_2$; y
- iii) la actividad específica media estimada del sólido, excluido todo material de blindaje, no sea superior a $2 \times 10^{-3}A_2/g$.

2.7.3.3 Los materiales BAE-III deberán presentarse en forma de sólidos de tal naturaleza que, si la totalidad del contenido del embalaje se somete a la prueba especificada en 2.7.3.4, la actividad en el agua no pase de $0,1A_2$.

2.7.3.4 Los materiales BAE-III deberán someterse a la siguiente prueba:

Durante siete días se sumergirá en agua a la temperatura ambiente una muestra de material sólido que represente el contenido total del bulto. El volumen de agua que se utilice en el ensayo será suficiente para tener la certeza de que, al final del periodo de ensayo de siete días, el volumen libre de agua restante no absorbida y que no ha reaccionado será, como mínimo, el 10% del volumen de la propia muestra sólida en ensayo. El agua tendrá un pH inicial de 6 a 8 y una conductividad

máxima de 1 mS/m a 20°C. La actividad total del volumen libre de agua deberá medirse tras la inmersión de la muestra de ensayo durante siete días.

2.7.3.5 La demostración de que se cumplen las normas establecidas en 2.7.3.4 deberá hacerse de conformidad con 6.4.12.1 y 6.4.12.2.

2.7.4 Disposiciones relativas a los materiales radiactivos en forma especial

2.7.4.1 Por materiales radiactivos en forma especial se entenderá:

a) un material radiactivo sólido no dispersable; o

b) una cápsula sellada que contenga materiales radiactivos y que se habrá fabricado de tal forma que sólo pueda abrirse destruyéndola.

Los materiales radiactivos en forma especial deberán tener como mínimo una dimensión no inferior a 5 mm.

2.7.4.2 Los materiales radiactivos en forma especial deberán ser de tal naturaleza o estar diseñados de tal manera que, si se someten a los ensayos especificados en 2.7.4.4 a 2.7.4.8, cumplan las siguientes disposiciones:

a) no se romperán ni fracturarán cuando se los someta a los ensayos de impacto, percusión o flexión especificados en 2.7.4.5 a), b) y c) y 2.7.4.6 a), según proceda;

b) no se fundirán ni dispersarán cuando se los someta al ensayo térmico especificado en 2.7.4.5 d) o 2.7.4.6 b), según proceda; y

c) la actividad en el agua proveniente de los ensayos de lixiviación especificados en 2.7.4.7 y 2.7.4.8 no excederá de 2 kBq; o alternativamente, para fuentes selladas, la tasa de fuga correspondiente al ensayo de evaluación por fugas volumétricas especificado en el documento ISO 9978:1992 (E) "*Radiation Protection - Sealed Radioactive Sources - Leakage Test Methods*", no excederá el umbral de aceptación aplicable que sea admisible para la autoridad competente.

2.7.4.3 La demostración de que se cumplen las normas establecidas en 2.7.4.2 deberá hacerse de conformidad con lo dispuesto en 6.4.12.1 y 6.4.12.2.

2.7.4.4 Los especímenes que comprendan o simulen materiales radiactivos en forma especial deberá someterse al ensayo de impacto, el ensayo de percusión, el ensayo de flexión y el ensayo térmico especificados en 2.7.4.5 o a los ensayos alternativos autorizados en 2.7.4.6. Se podrá emplear un espécimen diferente en cada uno de los ensayos. Después de cada ensayo, deberá efectuarse sobre el espécimen un ensayo de evaluación por lixiviación o un ensayo de fugas volumétricas, por un método que no sea menos sensible que los descritos en 2.7.4.7 para materiales sólidos no dispersables o en 2.7.4.8 para materiales encapsulados.

2.7.4.5 Los métodos de ensayo correspondientes son:

a) Ensayo de impacto: se dejará caer el espécimen sobre el blanco desde una altura de 9 m. El blanco será el definido en 6.4.14.

b) Ensayo de percusión: el espécimen se colocará sobre una plancha de plomo soportada por una superficie dura y lisa y se golpeará con la cara plana de una barra de acero dulce de manera que se produzca un impacto equivalente al que produciría la caída libre de 1,4 kg desde una altura de 1 m. La parte inferior de la barra tendrá 25 mm de diámetro y sus bordes serán redondeados con un radio de $(3,0 \pm 0,3)$ mm. El plomo, cuya dureza estará comprendida entre 3,5 y 4,5 de la escala de Vickers y que tendrá un espesor de 25 mm como máximo, cubrirá una superficie mayor que la del espécimen. Si el ensayo se repite, se colocará cada vez el espécimen sobre una parte intacta de plomo. La barra golpeará el espécimen de manera que produzca el máximo daño.

c) Ensayo de flexión: este ensayo es aplicable solamente a las fuentes largas y delgadas que tengan una longitud mínima de 10 cm y una razón longitud/anchura mínima no inferior a 10. El espécimen se fijará rígidamente en posición horizontal por medio de una mordaza, de manera que la mitad de su longitud sobresalga de la cara de la mordaza. La orientación del espécimen será tal que éste experimente un daño máximo si se golpea su extremo libre con la cara plana de una barra de acero. La barra golpeará el espécimen de manera que se produzca un impacto equivalente al que produciría la caída libre de un peso de 1,4 kg desde una altura de 1 m. La parte inferior de la barra tendrá 25 mm de diámetro y sus bordes serán redondeados con un radio de $(3,0 \pm 0,3)$ mm.

d) Ensayo térmico: el espécimen se calentará al aire hasta una temperatura de 800°C, se mantendrá a esa temperatura durante 10 minutos y a continuación se dejará enfriar.

2.7.4.6 Los especímenes que comprendan o simulen materiales radiactivos encerrados en una cápsula sellada pueden estar exentos de:

a) los ensayos prescritos en 2.7.4.5 a) y 2.7.4.5 b), siempre que la masa de los materiales radiactivos en forma especial sea inferior a 200 g y que en vez de los mismos se sometan al ensayo de impacto de la Clase 4 especificado en el documento ISO 2919:1980(E), "*Sealed radioactive sources - Classification*"; y

b) el ensayo prescrito en 2.7.4.5 d), siempre que en vez del mismo se sometan al ensayo térmico de la Clase 6 especificado en el documento ISO 2919:1980(E) "*Sealed radioactive sources - Classification*".

2.7.4.7 Cuando se trate de especímenes que comprendan o simulen materiales sólidos no dispersables, se deberá llevar a cabo una evaluación por lixiviación según se indica a continuación:

a) El espécimen se sumergirá durante siete días en agua a la temperatura ambiente. El volumen de agua que se utilizará en el ensayo será suficiente para tener la certeza de que, al final del periodo de ensayo de siete días, el volumen libre de agua restante no absorbida y que no ha reaccionado será, como mínimo, el 10% del volumen de la propia muestra sólida que se somete a ensayo. El agua tendrá un pH inicial de 6 a 8 y una conductividad máxima de 1 mS/m a 20°C.

b) A continuación se calentará el agua con el espécimen hasta una temperatura de (50 ± 5) °C y se mantendrá a esta temperatura durante cuatro horas.

c) Se determinará entonces la actividad del agua.

d) El espécimen se mantendrá después durante siete días, como mínimo, en aire en reposo a una temperatura que no sea inferior a 30°C y una humedad relativa que no sea inferior a 90%.

e) Seguidamente, se sumergirá el espécimen en agua que reúna las mismas condiciones que se especifican en el anterior apartado a), se calentará el agua con el espécimen hasta (50 ± 5) °C y se mantendrá a esta temperatura durante cuatro horas.

f) Se determinará entonces la actividad del agua.

2.7.4.8 En el caso de especímenes que comprenden o simulan materiales radiactivos encerrados en una cápsula sellada, se deberá llevar a cabo una evaluación por lixiviación o por fugas volumétricas según se indica a continuación:

a) La evaluación por lixiviación deberá constar de las siguientes etapas:

i) El espécimen se sumergirá en agua a la temperatura ambiente. El agua tendrá un pH inicial de 6 a 8 y una conductividad máxima de 1 mS/m a 20°C.

ii) El agua con el espécimen se calentará hasta una temperatura de (50 ± 5) °C y se mantendrá a esta temperatura durante cuatro horas.

iii) Se determinará entonces la actividad del agua.

iv) El espécimen se mantendrá después durante siete días, como mínimo, en aire en reposo a una temperatura que no sea inferior a 30°C y una humedad relativa que no sea inferior a 90%.

v) Se repetirán los procesos de los incisos i), ii) y iii).

b) La evaluación alternativa por fugas volumétricas deberá comprender cualesquiera de los ensayos especificados en el documento ISO 9978:1992(E) "*Radiation Protection - Sealed radioactive sources - Leakage test methods*", que sean aceptables para la autoridad competente.

2.7.5 Objeto contaminado en la superficie (OCS), determinación de grupos

Por objeto contaminado en la superficie (OCS) se entenderá un objeto sólido que no es en sí radiactivo pero que tiene materiales radiactivos distribuidos en sus superficies. Un OCS pertenecerá a uno de los dos grupos siguientes:

a) OCS-I: un objeto sólido en el que:

i) la contaminación transitoria en la superficie accesible, promediada sobre 300 cm² (o sobre el área de la superficie si ésta fuera inferior a 300 cm²), no sea superior a 4 Bq/cm² en el caso de emisores beta y gamma y de emisores alfa de baja toxicidad, o a 0,4 Bq/cm² en el caso de todos los demás emisores alfa; y

ii) la contaminación fija en la superficie accesible, promediada sobre 300 cm² (o sobre el área de la superficie si ésta fuera inferior a 300 cm²), no sea superior a 4×10^4 Bq/cm² en el caso de emisores beta y gamma y de emisores alfa de baja toxicidad, o a 4×10^3 Bq/cm² en el caso de todos los demás emisores alfa; y

iii) la contaminación transitoria más la contaminación fija en la superficie inaccesible, promediada sobre 300 cm² (o sobre el área de la superficie si ésta fuera inferior a 300 cm²), no sea superior

a 4×10^4 Bq/cm² en el caso de emisores beta y gamma y de emisores alfa de baja toxicidad, o a 4×10^3 Bq/cm² en el caso de todos los demás emisores alfa.

b) OCS-II: un objeto sólido en el que la contaminación fija o la contaminación transitoria en la superficie sea superior a los límites aplicables estipulados para el OCS-I en el apartado a) anterior y en el que:

i) la contaminación transitoria en la superficie accesible, promediada sobre 300 cm² (o sobre el área de la superficie si ésta fuera inferior a 300 cm²), no sea superior a 400 Bq/cm² en el caso de emisores beta y gamma y de emisores alfa de baja toxicidad, o a 40 Bq/cm² en el caso de todos los demás emisores alfa; y

ii) la contaminación fija en la superficie accesible, promediada sobre 300 cm² (o sobre el área de la superficie si ésta fuera inferior a 300 cm²), no sea superior a 8×10^5 Bq/cm² en el caso de emisores beta y gamma y de emisores alfa de baja toxicidad, o a 8×10^4 Bq/cm² en el caso de todos los demás emisores alfa; y

iii) la contaminación transitoria más la contaminación fija en la superficie inaccesible, promediada sobre 300 cm² (o sobre el área de la superficie si ésta fuera inferior a 300 cm²), no sea superior a 8×10^5 Bq/cm² en el caso de emisores beta y gamma y de emisores alfa de baja toxicidad, o a 8×10^4 Bq/cm² en el caso de todos los demás emisores alfa.

2.7.6 Determinación del índice de transporte (IT) y del índice de seguridad con respecto a la criticidad (ISC)

2.7.6.1 Determinación del índice de transporte (IT)

2.7.6.1.1 El índice de transporte (IT) de un bulto, sobreenvase o contenedor, o BAE-I u OCS-I sin embalar, deberá ser la cifra deducida de conformidad con el siguiente procedimiento:

a) Se determinará el nivel de radiación máximo en unidades milisievert por hora (mSv/h) a una distancia de 1 m de las superficies externas del bulto, sobreenvase o contenedor, o BAE-I y OCS-I sin embalar. El valor determinado se multiplicará por 100 y la cifra obtenida es el índice de transporte. Para minerales y concentrados de uranio y de torio, el nivel de radiación máximo en cualquier punto situado a una distancia de 1 m de la superficie externa de la carga puede tomarse como:

0,4 mSv/h para minerales y concentrados físicos de uranio y torio;

0,3 mSv/h para concentrados químicos de torio;

0,02 mSv/h para concentrados químicos de uranio que no sean hexafluoruro de uranio.

b) Para cisternas, contenedores y BAE-I y OCS-I sin embalar, el valor determinado en el apartado a) anterior se multiplicará por el factor apropiado del cuadro que figura a continuación.

c) La cifra obtenida según los apartados a) y b) anteriores se redondeará a la primera cifra decimal superior (por ejemplo, 1,13 será 1,2), excepto valores de 0,05 o menos, los cuales se podrán considerar como cero.

Factores de multiplicación para cisternas, contenedores y BAE-I y OCS-I sin embalar

Dimensiones de la carga*	Factor de multiplicación
Dimensión de la carga ≤ 1 m ²	1
1 m ² < dimensión de la carga ≤ 5 m ²	2
5 m ² < dimensión de la carga ≤ 20 m ²	3
20 m ² < dimensión de la carga	10

* Se mide el área de la mayor sección transversal de la carga.

2.7.6.1.2 El índice de transporte de un sobreenvase, contenedor o medio de transporte deberá obtenerse ya sea sumando los IT de todos los bultos contenidos, o midiendo directamente el nivel de radiación, salvo en el caso de sobreenvases no rígidos, para los cuales el índice de transporte deberá obtenerse únicamente sumando los IT de todos los bultos.

2.7.6.2 Determinación del índice de seguridad con respecto a la criticidad (ISC)

2.7.6.2.1 El índice de seguridad con respecto a la criticidad (ISC) de bultos que contengan sustancias fisiónables se deberá obtener dividiendo el número 50 por el menor de los dos valores de *N* deducidos de conformidad con los procedimientos especificados en los párrafos [6.4.11.11](#) y [6.4.11.12](#) (es decir, $ISC = 50/N$). El valor del índice de seguridad con respecto a la criticidad puede ser cero, siempre que un número ilimitado de bultos sea subcrítico (es decir, *N* es en realidad igual a infinito en ambos casos).

2.7.6.2.2 El índice de seguridad con respecto a la criticidad de bultos o contenedores se obtendrá sumando los ISC de todos los bultos contenidos. El mismo procedimiento se seguirá para determinar la suma total de los ISC en una remesa o a bordo de un medio de transporte.

2.7.7 Límites de actividad y restricciones en cuanto a los materiales

2.7.7.1 Límites del contenido de los bultos

2.7.7.1.1 Generalidades

La cantidad de materiales radiactivos en un bulto no deberá ser superior a los límites correspondientes a cada tipo de bulto, según se especifica en [2.7.7.1.2](#) a [2.7.7.1.8](#).

2.7.7.1.2 Bultos exceptuados

2.7.7.1.2.1 En el caso de materiales radiactivos que no sean objetos manufacturados con uranio natural, uranio empobrecido o torio natural, un bulto exceptuado no deberá contener actividades superiores a las siguientes:

a) cuando los materiales radiactivos estén contenidos en un instrumento o en otro objeto manufacturado, tal como un reloj o aparato electrónico, o formen parte integrante de él, los límites especificados en las columnas 2 y 3 del cuadro que figura a continuación para cada elemento individual y cada bulto, respectivamente; y

b) cuando los materiales radiactivos no estén así contenidos ni formen parte integrante de un instrumento u otro objeto manufacturado, los límites especificados para bultos en la columna 4 del cuadro que figura a continuación.

Límites de actividad para bultos exceptuados

Estado físico del contenido	Instrumentos u objetos		Materiales
	Límites para los instrumentos y objetos ^a	Límites para los bultos ^a	Límites para los bultos ^a
Sólidos:			
En forma especial	$10^{-2} A_1$	A_1	$10^{-3} A_1$
Otras formas	$10^{-2} A_2$	A_2	$10^{-3} A_2$
Líquidos	$10^{-3} A_2$	$10^{-1} A_2$	$10^{-4} A_2$
Gases:			
Tritio	$2 \times 10^{-2} A_2$	$2 \times 10^{-1} A_2$	$2 \times 10^{-2} A_2$
En forma especial	$10^{-3} A_1$	$10^{-2} A_1$	$10^{-3} A_1$
Otras formas	$10^{-3} A_2$	$10^{-2} A_2$	$10^{-3} A_2$

^a En cuanto a las mezclas de radionucleidos, véanse los párrafos [2.7.7.2.4](#) a [2.7.7.2.6](#).

2.7.7.1.2.2 En el caso de objetos manufacturados con uranio natural, uranio empobrecido o torio natural, un bulto exceptuado puede contener cualquier cantidad de dicho material con tal de que la superficie externa del uranio o del torio quede encerrada en una funda o envoltura inactiva de metal o de algún otro material resistente.

2.7.7.1.3 Bultos industriales

El contenido radiactivo en un solo bulto de materiales BAE o en un solo bulto de OCS deberá limitarse de modo que no se exceda el nivel de radiación especificado en [4.1.9.2.1](#), y la actividad en un solo bulto deberá también restringirse de modo que no se excedan los límites de actividad correspondientes a un medio de transporte especificados en [7.1.14.2](#).

2.7.7.1.4 Bultos del tipo A

2.7.7.1.4.1 Los bultos del tipo A no deberán contener actividades superiores a las siguientes:

- cuando se trate de materiales radiactivos en forma especial - A_1 ; o
- para todos los restantes materiales radiactivos - A_2 .

2.7.7.1.4.2 Cuando se trate de mezclas de radionucleidos cuyas identidades y actividades respectivas se conozcan, se deberá aplicar la siguiente condición al contenido radiactivo de un bulto del tipo A:

$$\sum B(i) / A_1(i) + \sum C(j) / A_2(j) \leq 1$$

donde: $B(i)$ es la actividad del radionucleido i como material radiactivo en forma especial, y $A_1(i)$ es el valor de A_1 para el radionucleido i ; y

$C(j)$ es la actividad del radionucleido j que no se encuentre en forma de material radiactivo en forma especial, y $A_2(j)$ es el valor de A_2 del radionucleido j .

2.7.7.1.5 Bultos del Tipo B(U) y Tipo B(M)

2.7.7.1.5.1 Los bultos del Tipo B(U) y B(M) no deberán contener:

- actividades superiores a las autorizadas para el diseño del bulto;
- radionucleidos diferentes de los autorizados para el diseño del bulto; o
- sustancias en una forma o en un estado físico o químico diferentes de los autorizados para el diseño del bulto;

según se especifique en sus respectivos certificados de aprobación.

2.7.7.1.6 Bultos del Tipo C

Nota: Los bultos del tipo C se podrán transportar por vía aérea cuando contengan materiales radiactivos en actividades que superen bien $3000A_1$ o $100\,000A_2$, si esta última es menor para el material radiactivo en forma especial. Aunque no se exige el transporte por vía marítima de los bultos del Tipo C que contengan materiales radiactivos en dichas actividades (los bultos del Tipo B(U) y B(M) son suficientes), se establecen las siguientes disposiciones, dado que dichos bultos también se pueden transportar por vía marítima.

Los bultos del Tipo C no deberán contener:

- actividades superiores a las autorizadas para el diseño del bulto;
- radionucleidos diferentes de los autorizados para el diseño del bulto; o
- sustancias en una forma o en un estado físico o químico diferentes de los autorizados para el diseño del bulto;

según se especifique en sus respectivos certificados de aprobación.

2.7.7.1.7 Bultos que contengan sustancias fisiónables

Los bultos que contengan sustancias fisiónables no deberán contener:

- una masa de sustancias fisiónables diferente a la autorizada para el diseño del bulto;

b) ningún radionucleido o sustancia fisionable diferente a los autorizados para el diseño del bulto;
o

c) sustancias en una forma o en un estado físico o químico, o en una disposición espacial, diferentes de los autorizados para el diseño del bulto;

según se especifique en sus respectivos certificados de aprobación, cuando proceda.

2.7.7.1.8 Bultos que contengan hexafluoruro de uranio

La masa de hexafluoruro de uranio en un bulto no deberá ser superior a un valor que pudiera conducir a un volumen vacío menor del 5% a la temperatura máxima del bulto según se especifique para los sistemas de las plantas en los que se utilizará el bulto. El hexafluoruro de uranio deberá estar en forma sólida y la presión interna del bulto deberá ser inferior a la presión atmosférica cuando se presente para el transporte.

2.7.7.2 Niveles de actividad

2.7.7.2.1 En el cuadro siguiente figuran los siguientes valores básicos correspondientes a los distintos radionucleidos:

a) A_1 y A_2 en TBq;

b) concentración de actividad para material exceptuado en Bq/g; y

c) límites de actividad para remesas exentas en Bq.

Cuadro 2.7.7.2.1 - Valores básicos de los radionucleidos

Radionucleido (número atómico)	A_1 (TBq)	A_2 (TBq)	Concentración de actividad para material exceptuado (Bq/g)	Límite de actividad para una remesa exenta (Bq)
Actinio (89)				
Ac-225 (a)	8×10^{-1}	6×10^{-3}	1×10^1	1×10^4
Ac-227 (a)	9×10^{-1}	9×10^{-5}	1×10^1	1×10^3
Ac-228	6×10^{-1}	5×10^{-1}	1×10^1	1×10^6
Plata (47)				
Ag-105	2×10^0	2×10^0	1×10^2	1×10^6
Ag-108m (a)	7×10^{-1}	7×10^{-1}	1×10^1 (b)	1×10^6 (b)
Ag-110m (a)	4×10^{-1}	4×10^{-1}	1×10^1	1×10^6
Ag-111	2×10^0	6×10^{-1}	1×10^3	1×10^6
Aluminio (13)				

Al-26	1×10^{-1}	1×10^{-1}	1×10^1	1×10^5
Americio (95)				
Am-241	1×10^1	1×10^{-3}	1×10^0	1×10^4
Am-242m (a)	1×10^1	1×10^{-3}	1×10^0 (b)	1×10^4 (b)
Am-243 (a)	5×10^0	1×10^{-3}	1×10^0 (b)	1×10^3 (b)
Argón (18)				
Ar-37	4×10^1	4×10^1	1×10^6	1×10^8
Ar-39	4×10^1	2×10^1	1×10^7	1×10^4
Ar-41	3×10^{-1}	3×10^{-1}	1×10^2	1×10^9
Arsénico (33)				
As-72	3×10^{-1}	3×10^{-1}	1×10^1	1×10^5
As-73	4×10^1	4×10^1	1×10^3	1×10^7
As-74	1×10^0	9×10^{-1}	1×10^1	1×10^6
As-76	3×10^{-1}	3×10^{-1}	1×10^2	1×10^5
As-77	2×10^1	7×10^{-1}	1×10^3	1×10^6
Astató (85)				
At-211 (a)	2×10^1	5×10^{-1}	1×10^3	1×10^7
Oro (79)				
Au-193	7×10^0	2×10^0	1×10^2	1×10^7
Au-194	1×10^0	1×10^0	1×10^1	1×10^6
Au-195	1×10^1	6×10^0	1×10^2	1×10^7
Au-198	1×10^0	6×10^{-1}	1×10^2	1×10^6
Au-199	1×10^1	6×10^{-1}	1×10^2	1×10^6
Bario (56)				
Ba-131 (a)	2×10^0	2×10^0	1×10^2	1×10^6
Ba-133	3×10^0	3×10^0	1×10^2	1×10^6
Ba-133m	2×10^1	6×10^{-1}	1×10^2	1×10^6
Ba-140 (a)	5×10^{-1}	3×10^{-1}	1×10^1 (b)	1×10^5 (b)
Berilio (4)				
Be-7	2×10^1	2×10^1	1×10^3	1×10^7
Be-10	4×10^1	6×10^{-1}	1×10^4	1×10^6
Bismuto (83)				
Bi-205	7×10^{-1}	7×10^{-1}	1×10^1	1×10^6
Bi-206	3×10^{-1}	3×10^{-1}	1×10^1	1×10^5
Bi-207	7×10^{-1}	7×10^{-1}	1×10^1	1×10^6
Bi-210	1×10^0	6×10^{-1}	1×10^3	1×10^6

Bi-210m (a)	6×10^{-1}	2×10^{-2}	1×10^1	1×10^5
Bi-212 (a)	7×10^{-1}	6×10^{-1}	1×10^1 (b)	1×10^5 (b)
Berquelio (97)				
Bk-247	8×10^0	8×10^{-4}	1×10^0	1×10^4
Bk-249 (a)	4×10^1	3×10^{-1}	1×10^3	1×10^6
Bromo (35)				
Br-76	4×10^{-1}	4×10^{-1}	1×10^1	1×10^5
Br-77	3×10^0	3×10^0	1×10^2	1×10^6
Br-82	4×10^{-1}	4×10^{-1}	1×10^1	1×10^6
Carbono (6)				
C-11	1×10^0	6×10^{-1}	1×10^1	1×10^6
C-14	4×10^1	3×10^0	1×10^4	1×10^7
Calcio (20)				
Ca-41	Sin límite	Sin límite	1×10^5	1×10^7
Ca-45	4×10^1	1×10^0	1×10^4	1×10^7
Ca-47 (a)	3×10^0	3×10^{-1}	1×10^1	1×10^6
Cadmio (48)				
Cd-109	3×10^1	2×10^0	1×10^4	1×10^6
Cd-113m	4×10^1	5×10^{-1}	1×10^3	1×10^6
Cd-115 (a)	3×10^0	4×10^{-1}	1×10^2	1×10^6
Cd-115m	5×10^{-1}	5×10^{-1}	1×10^3	1×10^6
Cerio (58)				
Ce-139	7×10^0	2×10^0	1×10^2	1×10^6
Ce-141	2×10^1	6×10^{-1}	1×10^2	1×10^7
Ce-143	9×10^{-1}	6×10^{-1}	1×10^2	1×10^6
Ce-144 (a)	2×10^{-1}	2×10^{-1}	1×10^2 (b)	1×10^5 (b)
Californio (98)				
Cf-248	4×10^1	6×10^{-3}	1×10^1	1×10^4
Cf-249	3×10^0	8×10^{-4}	1×10^0	1×10^3
Cf-250	2×10^1	2×10^{-3}	1×10^1	1×10^4
Cf-251	7×10^0	7×10^{-4}	1×10^0	1×10^3
Cf-252	1×10^{-1}	3×10^{-3}	1×10^1	1×10^4
Cf-253 (a)	4×10^1	4×10^{-2}	1×10^2	1×10^5
Cf-254	1×10^{-3}	1×10^{-3}	1×10^0	1×10^3
Cloro (17)				
Cl-36	1×10^1	6×10^{-1}	1×10^4	1×10^6

Cl-38	2×10^{-1}	2×10^{-1}	1×10^1	1×10^5
Curio (96)				
Cm-240	4×10^1	2×10^{-2}	1×10^2	1×10^5
Cm-241	2×10^0	1×10^0	1×10^2	1×10^6
Cm-242	4×10^1	1×10^{-2}	1×10^2	1×10^5
Cm-243	9×10^0	1×10^{-3}	1×10^0	1×10^4
Cm-244	2×10^1	2×10^{-3}	1×10^1	1×10^4
Cm-245	9×10^0	9×10^{-4}	1×10^0	1×10^3
Cm-246	9×10^0	9×10^{-4}	1×10^0	1×10^3
Cm-247 (a)	3×10^0	1×10^{-3}	1×10^0	1×10^4
Cm-248	2×10^{-2}	3×10^{-4}	1×10^0	1×10^3
Cobalto (27)				
Co-55	5×10^{-1}	5×10^{-1}	1×10^1	1×10^6
Co-56	3×10^{-1}	3×10^{-1}	1×10^1	1×10^5
Co-57	1×10^1	1×10^1	1×10^2	1×10^6
Co-58	1×10^0	1×10^0	1×10^1	1×10^6
Co-58m	4×10^1	4×10^1	1×10^4	1×10^7
Co-60	4×10^{-1}	4×10^{-1}	1×10^1	1×10^5
Cromo (24)				
Cr-51	3×10^1	3×10^1	1×10^3	1×10^7
Cesio (55)				
Cs-129	4×10^0	4×10^0	1×10^2	1×10^5
Cs-131	3×10^1	3×10^1	1×10^3	1×10^6
Cs-132	1×10^0	1×10^0	1×10^1	1×10^5
Cs-134	7×10^{-1}	7×10^{-1}	1×10^1	1×10^4
Cs-134m	4×10^1	6×10^{-1}	1×10^3	1×10^5
Cs-135	4×10^1	1×10^0	1×10^4	1×10^7
Cs-136	5×10^{-1}	5×10^{-1}	1×10^1	1×10^5
Cs-137 (a)	2×10^0	6×10^{-1}	1×10^1 (b)	1×10^4 (b)
Cobre (29)				
Cu-64	6×10^0	1×10^0	1×10^2	1×10^6
Cu-67	1×10^1	7×10^{-1}	1×10^2	1×10^6
Disprobio (66)				
Dy-159	2×10^1	2×10^1	1×10^3	1×10^7
Dy-165	9×10^{-1}	6×10^{-1}	1×10^3	1×10^6
Dy-166 (a)	9×10^{-1}	3×10^{-1}	1×10^3	1×10^6

Erbio (68)				
Er-169	4 x 10 ¹	1 x 10 ⁰	1 x 10 ⁴	1 x 10 ⁷
Er-171	8 x 10 ⁻¹	5 x 10 ⁻¹	1 x 10 ²	1 x 10 ⁶
Europio (63)				
Eu-147	2 x 10 ⁰	2 x 10 ⁰	1 x 10 ²	1 x 10 ⁶
Eu-148	5 x 10 ⁻¹	5 x 10 ⁻¹	1 x 10 ¹	1 x 10 ⁶
Eu-149	2 x 10 ¹	2 x 10 ¹	1 x 10 ²	1 x 10 ⁷
Eu-150(periodo corto)	2 x 10 ⁰	7 x 10 ⁻¹	1 x 10 ³	1 x 10 ⁶
Eu-150(periodo largo)	7 x 10 ⁻¹	7 x 10 ⁻¹	1 x 10 ¹	1 x 10 ⁶
Eu-152	1 x 10 ⁰	1 x 10 ⁰	1 x 10 ¹	1 x 10 ⁶
Eu-152m	8 x 10 ⁻¹	8 x 10 ⁻¹	1 x 10 ²	1 x 10 ⁶
Eu-154	9 x 10 ⁻¹	6 x 10 ⁻¹	1 x 10 ¹	1 x 10 ⁶
Eu-155	2 x 10 ¹	3 x 10 ⁰	1 x 10 ²	1 x 10 ⁷
Eu-156	7 x 10 ⁻¹	7 x 10 ⁻¹	1 x 10 ¹	1 x 10 ⁶
Flúor (9)				
F-18	1 x 10 ⁰	6 x 10 ⁻¹	1 x 10 ¹	1 x 10 ⁶
Hierro (26)				
Fe-52 (a)	3 x 10 ⁻¹	3 x 10 ⁻¹	1 x 10 ¹	1 x 10 ⁶
Fe-55	4 x 10 ¹	4 x 10 ¹	1 x 10 ⁴	1 x 10 ⁶
Fe-59	9 x 10 ⁻¹	9 x 10 ⁻¹	1 x 10 ¹	1 x 10 ⁶
Fe-60 (a)	4 x 10 ¹	2 x 10 ⁻¹	1 x 10 ²	1 x 10 ⁵
Galio (31)				
Ga-67	7 x 10 ⁰	3 x 10 ⁰	1 x 10 ²	1 x 10 ⁶
Ga-68	5 x 10 ⁻¹	5 x 10 ⁻¹	1 x 10 ¹	1 x 10 ⁵
Ga-72	4 x 10 ⁻¹	4 x 10 ⁻¹	1 x 10 ¹	1 x 10 ⁵
Gadolinio (64)				
Gd-146 (a)	5 x 10 ⁻¹	5 x 10 ⁻¹	1 x 10 ¹	1 x 10 ⁶
Gd-148	2 x 10 ¹	2 x 10 ⁻³	1 x 10 ¹	1 x 10 ⁴
Gd-153	1 x 10 ¹	9 x 10 ⁰	1 x 10 ²	1 x 10 ⁷
Gd-159	3 x 10 ⁰	6 x 10 ⁻¹	1 x 10 ³	1 x 10 ⁶
Germanio (32)				
Ge-68 (a)	5 x 10 ⁻¹	5 x 10 ⁻¹	1 x 10 ¹	1 x 10 ⁵
Ge-71	4 x 10 ¹	4 x 10 ¹	1 x 10 ⁴	1 x 10 ⁸
Ge-77	3 x 10 ⁻¹	3 x 10 ⁻¹	1 x 10 ¹	1 x 10 ⁵

Hafnio (72)				
Hf-172 (a)	6 x 10 ⁻¹	6 x 10 ⁻¹	1 x 10 ¹	1 x 10 ⁶
Hf-175	3 x 10 ⁰	3 x 10 ⁰	1 x 10 ²	1 x 10 ⁶
Hf-181	2 x 10 ⁰	5 x 10 ⁻¹	1 x 10 ¹	1 x 10 ⁶
Hf-182	Sin límite	Sin límite	1 x 10 ²	1 x 10 ⁶
Mercurio (80)				
Hg-194 (a)	1 x 10 ⁰	1 x 10 ⁰	1 x 10 ¹	1 x 10 ⁶
Hg-195m (a)	3 x 10 ⁰	7 x 10 ⁻¹	1 x 10 ²	1 x 10 ⁶
Hg-197	2 x 10 ¹	1 x 10 ¹	1 x 10 ²	1 x 10 ⁷
Hg-197m	1 x 10 ¹	4 x 10 ⁻¹	1 x 10 ²	1 x 10 ⁶
Hg-203	5 x 10 ⁰	1 x 10 ⁰	1 x 10 ²	1 x 10 ⁵
Holmio (67)				
Ho-166	4 x 10 ⁻¹	4 x 10 ⁻¹	1 x 10 ³	1 x 10 ⁵
Ho-166m	6 x 10 ⁻¹	5 x 10 ⁻¹	1 x 10 ¹	1 x 10 ⁶
Yodo (53)				
I-123	6 x 10 ⁰	3 x 10 ⁰	1 x 10 ²	1 x 10 ⁷
I-124	1 x 10 ⁰	1 x 10 ⁰	1 x 10 ¹	1 x 10 ⁶
I-125	2 x 10 ¹	3 x 10 ⁰	1 x 10 ³	1 x 10 ⁶
I-126	2 x 10 ⁰	1 x 10 ⁰	1 x 10 ²	1 x 10 ⁶
I-129	Sin límite	Sin límite	1 x 10 ²	1 x 10 ⁵
I-131	3 x 10 ⁰	7 x 10 ⁻¹	1 x 10 ²	1 x 10 ⁶
I-132	4 x 10 ⁻¹	4 x 10 ⁻¹	1 x 10 ¹	1 x 10 ⁵
I-133	7 x 10 ⁻¹	6 x 10 ⁻¹	1 x 10 ¹	1 x 10 ⁶
I-134	3 x 10 ⁻¹	3 x 10 ⁻¹	1 x 10 ¹	1 x 10 ⁵
I-135 (a)	6 x 10 ⁻¹	6 x 10 ⁻¹	1 x 10 ¹	1 x 10 ⁶
Indio (49)				
In-111	3 x 10 ⁰	3 x 10 ⁰	1 x 10 ²	1 x 10 ⁶
In-113m	4 x 10 ⁰	2 x 10 ⁰	1 x 10 ²	1 x 10 ⁶
In-114m (a)	1 x 10 ¹	5 x 10 ⁻¹	1 x 10 ²	1 x 10 ⁶
In-115m	7 x 10 ⁰	1 x 10 ⁰	1 x 10 ²	1 x 10 ⁶
Iridio (77)				
Ir-189 (a)	1 x 10 ¹	1 x 10 ¹	1 x 10 ²	1 x 10 ⁷
Ir-190	7 x 10 ⁻¹	7 x 10 ⁻¹	1 x 10 ¹	1 x 10 ⁶
Ir-192	1 x 10 ⁰ (c)	6 x 10 ⁻¹	1 x 10 ¹	1 x 10 ⁴
Ir-194	3 x 10 ⁻¹	3 x 10 ⁻¹	1 x 10 ²	1 x 10 ⁵
Potasio (19)				

K-40	9 x 10 ⁻¹	9 x 10 ⁻¹	1 x 10 ²	1 x 10 ⁶
K-42	2 x 10 ⁻¹	2 x 10 ⁻¹	1 x 10 ²	1 x 10 ⁶
K-43	7 x 10 ⁻¹	6 x 10 ⁻¹	1 x 10 ¹	1 x 10 ⁶
Criptón (36)				
Kr-81	4 x 10 ¹	4 x 10 ¹	1 x 10 ⁴	1 x 10 ⁷
Kr-85	1 x 10 ¹	1 x 10 ¹	1 x 10 ⁵	1 x 10 ⁴
Kr-85m	8 x 10 ⁰	3 x 10 ⁰	1 x 10 ³	1 x 10 ¹⁰
Kr-87	2 x 10 ⁻¹	2 x 10 ⁻¹	1 x 10 ²	1 x 10 ⁹
Lantano (57)				
La-137	3 x 10 ¹	6 x 10 ⁰	1 x 10 ³	1 x 10 ⁷
La-140	4 x 10 ⁻¹	4 x 10 ⁻¹	1 x 10 ¹	1 x 10 ⁵
Lutecio (71)				
Lu-172	6 x 10 ⁻¹	6 x 10 ⁻¹	1 x 10 ¹	1 x 10 ⁶
Lu-173	8 x 10 ⁰	8 x 10 ⁰	1 x 10 ²	1 x 10 ⁷
Lu-174	9 x 10 ⁰	9 x 10 ⁰	1 x 10 ²	1 x 10 ⁷
Lu-174m	2 x 10 ¹	1 x 10 ¹	1 x 10 ²	1 x 10 ⁷
Lu-177	3 x 10 ¹	7 x 10 ⁻¹	1 x 10 ³	1 x 10 ⁷
Magnesio (12)				
Mg-28 (a)	3 x 10 ⁻¹	3 x 10 ⁻¹	1 x 10 ¹	1 x 10 ⁵
Manganeso (25)				
Mn-52	3 x 10 ⁻¹	3 x 10 ⁻¹	1 x 10 ¹	1 x 10 ⁵
Mn-53	Sin límite	Sin límite	1 x 10 ⁴	1 x 10 ⁹
Mn-54	1 x 10 ⁰	1 x 10 ⁰	1 x 10 ¹	1 x 10 ⁶
Mn-56	3 x 10 ⁻¹	3 x 10 ⁻¹	1 x 10 ¹	1 x 10 ⁵
Molibdeno (42)				
Mo-93	4 x 10 ¹	2 x 10 ¹	1 x 10 ³	1 x 10 ⁸
Mo-99 (a)	1 x 10 ⁰	6 x 10 ⁻¹	1 x 10 ²	1 x 10 ⁶
Nitrógeno (7)				
N-13	9 x 10 ⁻¹	6 x 10 ⁻¹	1 x 10 ²	1 x 10 ⁹
Sodio (11)				
Na-22	5 x 10 ⁻¹	5 x 10 ⁻¹	1 x 10 ¹	1 x 10 ⁶
Na-24	2 x 10 ⁻¹	2 x 10 ⁻¹	1 x 10 ¹	1 x 10 ⁵
Niobio (41)				
Nb-93m	4 x 10 ¹	3 x 10 ¹	1 x 10 ⁴	1 x 10 ⁷
Nb-94	7 x 10 ⁻¹	7 x 10 ⁻¹	1 x 10 ¹	1 x 10 ⁶
Nb-95	1 x 10 ⁰	1 x 10 ⁰	1 x 10 ¹	1 x 10 ⁶

Nb-97	9 x 10 ⁻¹	6 x 10 ⁻¹	1 x 10 ¹	1 x 10 ⁶
Neodimio (60)				
Nd-147	6 x 10 ⁰	6 x 10 ⁻¹	1 x 10 ²	1 x 10 ⁶
Nd-149	6 x 10 ⁻¹	5 x 10 ⁻¹	1 x 10 ²	1 x 10 ⁶
Níquel (28)				
Ni-59	Sin límite	Sin límite	1 x 10 ⁴	1 x 10 ⁸
Ni-63	4 x 10 ¹	3 x 10 ¹	1 x 10 ⁵	1 x 10 ⁸
Ni-65	4 x 10 ⁻¹	4 x 10 ⁻¹	1 x 10 ¹	1 x 10 ⁶
Neptunio (93)				
Np-235	4 x 10 ¹	4 x 10 ¹	1 x 10 ³	1 x 10 ⁷
Np-236(periodo corto)	2 x 10 ¹	2 x 10 ⁰	1 x 10 ³	1 x 10 ⁷
Np-236(periodo largo)	9 x 10 ⁰	2 x 10 ⁻²	1 x 10 ²	1 x 10 ⁵
Np-237	2 x 10 ¹	2 x 10 ⁻³	1 x 10 ⁰ (b)	1 x 10 ³ (b)
Np-239	7 x 10 ⁰	4 x 10 ⁻¹	1 x 10 ²	1 x 10 ⁷
Osmio (76)				
Os-185	1 x 10 ⁰	1 x 10 ⁰	1 x 10 ¹	1 x 10 ⁶
Os-191	1 x 10 ¹	2 x 10 ⁰	1 x 10 ²	1 x 10 ⁷
Os-191m	4 x 10 ¹	3 x 10 ¹	1 x 10 ³	1 x 10 ⁷
Os-193	2 x 10 ⁰	6 x 10 ⁻¹	1 x 10 ²	1 x 10 ⁶
Os-194 (a)	3 x 10 ⁻¹	3 x 10 ⁻¹	1 x 10 ²	1 x 10 ⁵
Fósforo (15)				
P-32	5 x 10 ⁻¹	5 x 10 ⁻¹	1 x 10 ³	1 x 10 ⁵
P-33	4 x 10 ¹	1 x 10 ⁰	1 x 10 ⁵	1 x 10 ⁸
Protactinio (91)				
Pa-230 (a)	2 x 10 ⁰	7 x 10 ⁻²	1 x 10 ¹	1 x 10 ⁶
Pa-231	4 x 10 ⁰	4 x 10 ⁻⁴	1 x 10 ⁰	1 x 10 ³
Pa-233	5 x 10 ⁰	7 x 10 ⁻¹	1 x 10 ²	1 x 10 ⁷
Plomo (82)				
Pb-201	1 x 10 ⁰	1 x 10 ⁰	1 x 10 ¹	1 x 10 ⁶
Pb-202	4 x 10 ¹	2 x 10 ¹	1 x 10 ³	1 x 10 ⁶
Pb-203	4 x 10 ⁰	3 x 10 ⁰	1 x 10 ²	1 x 10 ⁶
Pb-205	Sin límite	Sin límite	1 x 10 ⁴	1 x 10 ⁷
Pb-210 (a)	1 x 10 ⁰	5 x 10 ⁻²	1 x 10 ¹ (b)	1 x 10 ⁴ (b)
Pb-212 (a)	7 x 10 ⁻¹	2 x 10 ⁻¹	1 x 10 ¹ (b)	1 x 10 ⁵ (b)

Paladio (46)				
Pd-103 (a)	4 x 10 ¹	4 x 10 ¹	1 x 10 ³	1 x 10 ⁸
Pd-107	Sin límite	Sin límite	1 x 10 ⁵	1 x 10 ⁸
Pd-109	2 x 10 ⁰	5 x 10 ⁻¹	1 x 10 ³	1 x 10 ⁶
Prometio (61)				
Pm-143	3 x 10 ⁰	3 x 10 ⁰	1 x 10 ²	1 x 10 ⁶
Pm-144	7 x 10 ⁻¹	7 x 10 ⁻¹	1 x 10 ¹	1 x 10 ⁶
Pm-145	3 x 10 ¹	1 x 10 ¹	1 x 10 ³	1 x 10 ⁷
Pm-147	4 x 10 ¹	2 x 10 ⁰	1 x 10 ⁴	1 x 10 ⁷
Pm-148m (a)	8 x 10 ⁻¹	7 x 10 ⁻¹	1 x 10 ¹	1 x 10 ⁶
Pm-149	2 x 10 ⁰	6 x 10 ⁻¹	1 x 10 ³	1 x 10 ⁶
Pm-151	2 x 10 ⁰	6 x 10 ⁻¹	1 x 10 ²	1 x 10 ⁶
Polonio (84)				
Po-210	4 x 10 ¹	2 x 10 ⁻²	1 x 10 ¹	1 x 10 ⁴
Praseodimio (59)				
Pr-142	4 x 10 ⁻¹	4 x 10 ⁻¹	1 x 10 ²	1 x 10 ⁵
Pr-143	3 x 10 ⁰	6 x 10 ⁻¹	1 x 10 ⁴	1 x 10 ⁶
Platino (78)				
Pt-188 (a)	1 x 10 ⁰	8 x 10 ⁻¹	1 x 10 ¹	1 x 10 ⁶
Pt-191	4 x 10 ⁰	3 x 10 ⁰	1 x 10 ²	1 x 10 ⁶
Pt-193	4 x 10 ¹	4 x 10 ¹	1 x 10 ⁴	1 x 10 ⁷
Pt-193m	4 x 10 ¹	5 x 10 ⁻¹	1 x 10 ³	1 x 10 ⁷
Pt-195m	1 x 10 ¹	5 x 10 ⁻¹	1 x 10 ²	1 x 10 ⁶
Pt-197	2 x 10 ¹	6 x 10 ⁻¹	1 x 10 ³	1 x 10 ⁶
Pt-197m	1 x 10 ¹	6 x 10 ⁻¹	1 x 10 ²	1 x 10 ⁶
Plutonio (94)				
Pu-236	3 x 10 ¹	3 x 10 ⁻³	1 x 10 ¹	1 x 10 ⁴
Pu-237	2 x 10 ¹	2 x 10 ¹	1 x 10 ³	1 x 10 ⁷
Pu-238	1 x 10 ¹	1 x 10 ⁻³	1 x 10 ⁰	1 x 10 ⁴
Pu-239	1 x 10 ¹	1 x 10 ⁻³	1 x 10 ⁰	1 x 10 ⁴
Pu-240	1 x 10 ¹	1 x 10 ⁻³	1 x 10 ⁰	1 x 10 ³
Pu-241 (a)	4 x 10 ¹	6 x 10 ⁻²	1 x 10 ²	1 x 10 ⁵
Pu-242	1 x 10 ¹	1 x 10 ⁻³	1 x 10 ⁰	1 x 10 ⁴
Pu-244 (a)	4 x 10 ⁻¹	1 x 10 ⁻³	1 x 10 ⁰	1 x 10 ⁴
Radio (88)				
Ra-223 (a)	4 x 10 ⁻¹	7 x 10 ⁻³	1 x 10 ² (b)	1 x 10 ⁵ (b)

Ra-224 (a)	4 x 10 ⁻¹	2 x 10 ⁻²	1 x 10 ¹ (b)	1 x 10 ⁵ (b)
Ra-225 (a)	2 x 10 ⁻¹	4 x 10 ⁻³	1 x 10 ²	1 x 10 ⁵
Ra-226 (a)	2 x 10 ⁻¹	3 x 10 ⁻³	1 x 10 ¹ (b)	1 x 10 ⁴ (b)
Ra-228 (a)	6 x 10 ⁻¹	2 x 10 ⁻²	1 x 10 ¹ (b)	1 x 10 ⁵ (b)
Rubidio (37)				
Rb-81	2 x 10 ⁰	8 x 10 ⁻¹	1 x 10 ¹	1 x 10 ⁶
Rb-83 (a)	2 x 10 ⁰	2 x 10 ⁰	1 x 10 ²	1 x 10 ⁶
Rb-84	1 x 10 ⁰	1 x 10 ⁰	1 x 10 ¹	1 x 10 ⁶
Rb-86	5 x 10 ⁻¹	5 x 10 ⁻¹	1 x 10 ²	1 x 10 ⁵
Rb-87	Sin límite	Sin límite	1 x 10 ⁴	1 x 10 ⁷
Rb (nat)	Sin límite	Sin límite	1 x 10 ⁴	1 x 10 ⁷
Renio (75)				
Re-184	1 x 10 ⁰	1 x 10 ⁰	1 x 10 ¹	1 x 10 ⁶
Re-184m	3 x 10 ⁰	1 x 10 ⁰	1 x 10 ²	1 x 10 ⁶
Re-186	2 x 10 ⁰	6 x 10 ⁻¹	1 x 10 ³	1 x 10 ⁶
Re-187	Sin límite	Sin límite	1 x 10 ⁶	1 x 10 ⁹
Re-188	4 x 10 ⁻¹	4 x 10 ⁻¹	1 x 10 ²	1 x 10 ⁵
Re-189 (a)	3 x 10 ⁰	6 x 10 ⁻¹	1 x 10 ²	1 x 10 ⁶
Re (nat)	Sin límite	Sin límite	1 x 10 ⁶	1 x 10 ⁹
Rodio (45)				
Rh-99	2 x 10 ⁰	2 x 10 ⁰	1 x 10 ¹	1 x 10 ⁶
Rh-101	4 x 10 ⁰	3 x 10 ⁰	1 x 10 ²	1 x 10 ⁷
Rh-102	5 x 10 ⁻¹	5 x 10 ⁻¹	1 x 10 ¹	1 x 10 ⁶
Rh-102m	2 x 10 ⁰	2 x 10 ⁰	1 x 10 ²	1 x 10 ⁶
Rh-103m	4 x 10 ¹	4 x 10 ¹	1 x 10 ⁴	1 x 10 ⁸
Rh-105	1 x 10 ¹	8 x 10 ⁻¹	1 x 10 ²	1 x 10 ⁷
Radón (86)				
Rn-222 (a)	3 x 10 ⁻¹	4 x 10 ⁻³	1 x 10 ¹ (b)	1 x 10 ⁸ (b)
Rutenio (44)				
Ru-97	5 x 10 ⁰	5 x 10 ⁰	1 x 10 ²	1 x 10 ⁷
Ru-103 (a)	2 x 10 ⁰	2 x 10 ⁰	1 x 10 ²	1 x 10 ⁶
Ru-105	1 x 10 ⁰	6 x 10 ⁻¹	1 x 10 ¹	1 x 10 ⁶
Ru-106 (a)	2 x 10 ⁻¹	2 x 10 ⁻¹	1 x 10 ² (b)	1 x 10 ⁵ (b)
Azufre (16)				
S-35	4 x 10 ¹	3 x 10 ⁰	1 x 10 ⁵	1 x 10 ⁸
Antimonio (51)				

Sb-122	4×10^{-1}	4×10^{-1}	1×10^2	1×10^4
Sb-124	6×10^{-1}	6×10^{-1}	1×10^1	1×10^6
Sb-125	2×10^0	1×10^0	1×10^2	1×10^6
Sb-126	4×10^{-1}	4×10^{-1}	1×10^1	1×10^5
Escandio (21)				
Sc-44	5×10^{-1}	5×10^{-1}	1×10^1	1×10^5
Sc-46	5×10^{-1}	5×10^{-1}	1×10^1	1×10^6
Sc-47	1×10^1	7×10^{-1}	1×10^2	1×10^6
Sc-48	3×10^{-1}	3×10^{-1}	1×10^1	1×10^5
Selenio (34)				
Se-75	3×10^0	3×10^0	1×10^2	1×10^6
Se-79	4×10^1	2×10^0	1×10^4	1×10^7
Silicio (14)				
Si-31	6×10^{-1}	6×10^{-1}	1×10^3	1×10^6
Si-32	4×10^1	5×10^{-1}	1×10^3	1×10^6
Samario (62)				
Sm-145	1×10^1	1×10^1	1×10^2	1×10^7
Sm-147	Sin límite	Sin límite	1×10^1	1×10^4
Sm-151	4×10^1	1×10^1	1×10^4	1×10^8
Sm-153	9×10^0	6×10^{-1}	1×10^2	1×10^6
Estaño (50)				
Sn-113 (a)	4×10^0	2×10^0	1×10^3	1×10^7
Sn-117m	7×10^0	4×10^{-1}	1×10^2	1×10^6
Sn-119m	4×10^1	3×10^1	1×10^3	1×10^7
Sn-121m (a)	4×10^1	9×10^{-1}	1×10^3	1×10^7
Sn-123	8×10^{-1}	6×10^{-1}	1×10^3	1×10^6
Sn-125	4×10^{-1}	4×10^{-1}	1×10^2	1×10^5
Sn-126 (a)	6×10^{-1}	4×10^{-1}	1×10^1	1×10^5
Estroncio (38)				
Sr-82 (a)	2×10^{-1}	2×10^{-1}	1×10^1	1×10^5
Sr-85	2×10^0	2×10^0	1×10^2	1×10^6
Sr-85m	5×10^0	5×10^0	1×10^2	1×10^7
Sr-87m	3×10^0	3×10^0	1×10^2	1×10^6
Sr-89	6×10^{-1}	6×10^{-1}	1×10^3	1×10^6
Sr-90 (a)	3×10^{-1}	3×10^{-1}	1×10^2 (b)	1×10^4 (b)
Sr-91 (a)	3×10^{-1}	3×10^{-1}	1×10^1	1×10^5

Sr-92 (a)	1×10^0	3×10^{-1}	1×10^1	1×10^6
Tritio (1)				
T(H-3)	4×10^1	4×10^1	1×10^6	1×10^9
Tantalio (73)				
Ta-178(período largo)	1×10^0	8×10^{-1}	1×10^1	1×10^6
Ta-179	3×10^1	3×10^1	1×10^3	1×10^7
Ta-182	9×10^{-1}	5×10^{-1}	1×10^1	1×10^4
Terbio (65)				
Tb-157	4×10^1	4×10^1	1×10^4	1×10^7
Tb-158	1×10^0	1×10^0	1×10^1	1×10^6
Tb-160	1×10^0	6×10^{-1}	1×10^1	1×10^6
Tecnecio (43)				
Tc-95m (a)	2×10^0	2×10^0	1×10^1	1×10^6
Tc-96	4×10^{-1}	4×10^{-1}	1×10^1	1×10^6
Tc-96m (a)	4×10^{-1}	4×10^{-1}	1×10^3	1×10^7
Tc-97	Sin límite	Sin límite	1×10^3	1×10^8
Tc-97m	4×10^1	1×10^0	1×10^3	1×10^7
Tc-98	8×10^{-1}	7×10^{-1}	1×10^1	1×10^6
Tc-99	4×10^1	9×10^{-1}	1×10^4	1×10^7
Tc-99m	1×10^1	4×10^0	1×10^2	1×10^7
Telurio (52)				
Te-121	2×10^0	2×10^0	1×10^1	1×10^6
Te-121m	5×10^0	3×10^0	1×10^2	1×10^5
Te-123m	8×10^0	1×10^0	1×10^2	1×10^7
Te-125m	2×10^1	9×10^{-1}	1×10^3	1×10^7
Te-127	2×10^1	7×10^{-1}	1×10^3	1×10^6
Te-127m (a)	2×10^1	5×10^{-1}	1×10^3	1×10^7
Te-129	7×10^{-1}	6×10^{-1}	1×10^2	1×10^6
Te-129m (a)	8×10^{-1}	4×10^{-1}	1×10^3	1×10^6
Te-131m (a)	7×10^{-1}	5×10^{-1}	1×10^1	1×10^6
Te-132 (a)	5×10^{-1}	4×10^{-1}	1×10^2	1×10^7
Torio (90)				
Th-227	1×10^1	5×10^{-3}	1×10^1	1×10^4
Th-228 (a)	5×10^{-1}	1×10^{-3}	1×10^0 (b)	1×10^4 (b)
Th-229	5×10^0	5×10^{-4}	1×10^0 (b)	1×10^3 (b)

Th-230	1 x 10 ¹	1 x 10 ⁻³	1 x 10 ⁰	1 x 10 ⁴
Th-231	4 x 10 ¹	2 x 10 ⁻²	1 x 10 ³	1 x 10 ⁷
Th-232	Sin límite	Sin límite	1 x 10 ¹	1 x 10 ⁴
Th-234 (a)	3 x 10 ⁻¹	3 x 10 ⁻¹	1 x 10 ⁵ (b)	1 x 10 ⁵ (b)
Th (nat)	Sin límite	Sin límite	1 x 10 ⁰ (b)	1 x 10 ³ (b)
Titanio (22)				
Ti-44 (a)	5 x 10 ⁻¹	4 x 10 ⁻¹	1 x 10 ¹	1 x 10 ⁵
Talio (81)				
Tl-200	9 x 10 ⁻¹	9 x 10 ⁻¹	1 x 10 ¹	1 x 10 ⁶
Tl-201	1 x 10 ¹	4 x 10 ⁰	1 x 10 ²	1 x 10 ⁶
Tl-202	2 x 10 ⁰	2 x 10 ⁰	1 x 10 ²	1 x 10 ⁶
Tl-204	1 x 10 ¹	7 x 10 ⁻¹	1 x 10 ⁴	1 x 10 ⁴
Tulio (69)				
Tm-167	7 x 10 ⁰	8 x 10 ⁻¹	1 x 10 ²	1 x 10 ⁶
Tm-170	3 x 10 ⁰	6 x 10 ⁻¹	1 x 10 ³	1 x 10 ⁶
Tm-171	4 x 10 ¹	4 x 10 ¹	1 x 10 ⁴	1 x 10 ⁸
Uranio (92)				
U-230 (absorción pulmonar rápida)(a)(d)	4 x 10 ¹	1 x 10 ⁻¹	1 x 10 ¹ (b)	1 x 10 ⁵ (b)
U-230 (absorción pulmonar media)(a)(e)	4 x 10 ¹	4 x 10 ⁻³	1 x 10 ¹	1 x 10 ⁴
U-230 (absorción pulmonar lenta)(a)(f)	3 x 10 ¹	3 x 10 ⁻³	1 x 10 ¹	1 x 10 ⁴
U-232 (absorción pulmonar rápida)(d)	4 x 10 ¹	1 x 10 ⁻²	1 x 10 ⁰ (b)	1 x 10 ³ (b)
U-232 (absorción pulmonar media)(e)	4 x 10 ¹	7 x 10 ⁻³	1 x 10 ¹	1 x 10 ⁴
U-232 (absorción pulmonar lenta)(f)	1 x 10 ¹	1 x 10 ⁻³	1 x 10 ¹	1 x 10 ⁴
U-233 (absorción pulmonar rápida)(d)	4 x 10 ¹	9 x 10 ⁻²	1 x 10 ¹	1 x 10 ⁴
U-233 (absorción pulmonar media)(e)	4 x 10 ¹	2 x 10 ⁻²	1 x 10 ²	1 x 10 ⁵

U-233 (absorción pulmonar lenta)(f)	4 x 10 ¹	6 x 10 ⁻³	1 x 10 ¹	1 x 10 ⁵
U-234 (absorción pulmonar rápida)(d)	4 x 10 ¹	9 x 10 ⁻²	1 x 10 ¹	1 x 10 ⁴
U-234 (absorción pulmonar media)(e)	4 x 10 ¹	2 x 10 ⁻²	1 x 10 ²	1 x 10 ⁵
U-234 (absorción pulmonar lenta)(f)	4 x 10 ¹	6 x 10 ⁻³	1 x 10 ¹	1 x 10 ⁵
U-235 (todos los tipos de absorción pulmonar) (a),(d),(e),(f)	Sin límite	Sin límite	1 x 10 ¹ (b)	1 x 10 ⁴ (b)
U-236 (absorción pulmonar rápida)(d)	Sin límite	Sin límite	1 x 10 ¹	1 x 10 ⁴
U-236 (absorción pulmonar media)(e)	4 x 10 ¹	2 x 10 ⁻²	1 x 10 ²	1 x 10 ⁵
U-236 (absorción pulmonar lenta)(f)	4 x 10 ¹	6 x 10 ⁻³	1 x 10 ¹	1 x 10 ⁴
U-238 (todos los tipos de absorción pulmonar)(d),(e),(f)	Sin límite	Sin límite	1 x 10 ¹ (b)	1 x 10 ⁴ (b)
U (natural)	Sin límite	Sin límite	1 x 10 ⁰ (b)	1 x 10 ³ (b)
U (enriquecido al 20% o menos)(g)	Sin límite	Sin límite	1 x 10 ⁰	1 x 10 ³
U (empobrecido)	Sin límite	Sin límite	1 x 10 ⁰	1 x 10 ³
Vanadio (23)				
V-48	4 x 10 ⁻¹	4 x 10 ⁻¹	1 x 10 ¹	1 x 10 ⁵
V-49	4 x 10 ¹	4 x 10 ¹	1 x 10 ⁴	1 x 10 ⁷
Tungsteno (74)				
W-178 (a)	9 x 10 ⁰	5 x 10 ⁰	1 x 10 ¹	1 x 10 ⁶
W-181	3 x 10 ¹	3 x 10 ¹	1 x 10 ³	1 x 10 ⁷
W-185	4 x 10 ¹	8 x 10 ⁻¹	1 x 10 ⁴	1 x 10 ⁷
W-187	2 x 10 ⁰	6 x 10 ⁻¹	1 x 10 ²	1 x 10 ⁶
W-188 (a)	4 x 10 ⁻¹	3 x 10 ⁻¹	1 x 10 ²	1 x 10 ⁵
Xenón (54)				
Xe-122 (a)	4 x 10 ⁻¹	4 x 10 ⁻¹	1 x 10 ²	1 x 10 ⁹
Xe-123	2 x 10 ⁰	7 x 10 ⁻¹	1 x 10 ²	1 x 10 ⁹

Xe-127	4×10^0	2×10^0	1×10^3	1×10^5
Xe-131m	4×10^1	4×10^1	1×10^4	1×10^4
Xe-133	2×10^1	1×10^1	1×10^3	1×10^4
Xe-135	3×10^0	2×10^0	1×10^3	1×10^{10}
Itrio (39)				
Y-87 (a)	1×10^0	1×10^0	1×10^1	1×10^6
Y-88	4×10^{-1}	4×10^{-1}	1×10^1	1×10^6
Y-90	3×10^{-1}	3×10^{-1}	1×10^3	1×10^5
Y-91	6×10^{-1}	6×10^{-1}	1×10^3	1×10^6
Y-91m	2×10^0	2×10^0	1×10^2	1×10^6
Y-92	2×10^{-1}	2×10^{-1}	1×10^2	1×10^5
Y-93	3×10^{-1}	3×10^{-1}	1×10^2	1×10^5
Iterbio (70)				
Yb-169	4×10^0	1×10^0	1×10^2	1×10^7
Yb-175	3×10^1	9×10^{-1}	1×10^3	1×10^7
Cinc (30)				
Zn-65	2×10^0	2×10^0	1×10^1	1×10^6
Zn-69	3×10^0	6×10^{-1}	1×10^4	1×10^6
Zn-69m (a)	3×10^0	6×10^{-1}	1×10^2	1×10^6
Circonio (40)				
Zr-88	3×10^0	3×10^0	1×10^2	1×10^6
Zr-93	Sin límite	Sin límite	1×10^3 (b)	1×10^7 (b)
Zr-95 (a)	2×10^0	8×10^{-1}	1×10^1	1×10^6
Zr-97 (a)	4×10^{-1}	4×10^{-1}	1×10^1 (b)	1×10^5 (b)

a) Los valores de A_1 y/o A_2 incluyen contribuciones de los nucleidos hijos con periodos de semidesintegración inferiores a 10 días.

b) Los nucleidos predecesores y sus descendientes incluidos en equilibrio secular se enumeran a continuación.

Sr-90	Y-90
Zr-93	Nb-93m
Zr-97	Nb-97
Ru-106	Rh-106
Cs-137	Ba-137m
Ce-134	La-134
Ce-144	Pr-144

Ba-140	La-140
Bi-212	Tl-208 (0,36), Po-212 (0,64)
Pb-210	Bi-210, Po-210
Pb-212	Bi-212, Tl-208 (0,36), Po-212 (0,64)
Rn-220	Po-216
Rn-222	Po-218, Pb-214, Bi-214, Po-214
Ra-223	Rn-219, Po-215, Pb-211, Bi-211, Tl-207
Ra-224	Rn-220, Po-216, Pb-212, Bi-212, Tl-208 (0,36), Po-212 (0,64)
Ra-226	Rn-222, Po-218, Pb-214, Bi-214, Po-214, Pb-210, Bi-210, Po-210
Ra-228	Ac-228
Th-226	Ra-222, Rn-218, Po-214
Th-228	Ra-224, Rn-220, Po-216, Pb-212, Bi-212, Tl-208 (0,36), Po-212 (0,64)
Th-229	Ra-225, Ac-225, Fr-221, At-217, Bi-213, Po-213, Pb-209
Th-nat	Ra-228, Ac-228, Th-228, Ra-224, Rn-220, Po-216, Pb-212, Bi-212, Tl-208 (0,36), Po-212 (0,64)
Th-234	Pa-234m
U-230	Th-226, Ra-222, Rn-218, Po-214
U-232	Th-228, Ra-224, Rn-220, Po-216, Pb-212, Bi-212, Tl-208 (0,36), Po-212 (0,64)
U-235	Th-231
U-238	Th-234, Pa-234m
U-nat	Th-234, Pa-234m, U-234, Th-230, Ra-226, Rn-222, Po-218, Pb-214, Bi-214, Po-214, Pb-210, Bi-210, Po-210
U-240	Np-240m
Np-237	Pa-233
Am-242m	Am-242
Am-243	Np-239

c) La cantidad puede obtenerse mediante medición de la tasa de desintegración o midiendo el nivel de radiación a una determinada distancia de la fuente.

d) Estos valores se aplican únicamente a compuestos de uranio que toman la forma química de UF_6 , UO_2F_2 y $UO_2(NO_3)_2$ tanto en condiciones de transporte normales como de accidente.

e) Estos valores se aplican sólo a compuestos de uranio que toman la forma química de UO_3 , UF_4 , UCl_4 y compuestos hexavalentes tanto en condiciones de transporte normales como de accidente.

f) Estos valores se aplican a todos los compuestos de uranio que no sean los especificados en d) y e) *supra*.

g) Estos valores se aplican solamente al uranio no irradiado.

2.7.7.2.2 En el caso de los radionucleidos aislados que no figuren en el cuadro del párrafo 2.7.7.2.1, la determinación de los valores básicos de los radionucleidos a que se hace referencia en 2.7.7.2.1 requerirá la aprobación de la autoridad competente o, en el caso del transporte internacional, aprobación multilateral. Cuando se conoce la forma química de cada radionucleido es posible utilizar el valor de A_2 relacionado con su clase de solubilidad como recomienda la Comisión Internacional de Protección Radiológica, si se tienen en cuenta las formas químicas tanto en condiciones de transporte normales como de accidente. Como alternativa, pueden utilizarse sin obtener la aprobación de la autoridad competente los valores de los radionucleidos que figuran en el cuadro que sigue a continuación.

Valores básicos de radionucleidos para radionucleidos o mezclas respecto de los cuales no se dispone de datos

Contenido radiactivo	A_1 (TBq)	A_2 (TBq)	Concentración de actividad para material exceptuado (Bq/g)	Límites de actividad para una remesa exenta (Bq)
Sólo se conoce la presencia de nucleidos emisores beta o gamma	0,1	0,02;	1×10^{-1}	1×10^4
Se sabe que existen nucleidos emisores alfa únicamente	0,2	9×10^{-5}	1×10^{-1}	1×10^3
No se dispone de ningún dato pertinente	0,001	9×10^{-5}	1×10^{-1}	1×10^3

2.7.7.2.3 En los cálculos de A_1 y A_2 para un radionucleido que no figure en el cuadro del párrafo 2.7.7.2.1, una sola cadena de desintegración radiactiva en la que los distintos radionucleidos se encuentran en las mismas proporciones en que se dan en el proceso natural de desintegración y en la que no exista ningún nucleido descendiente que tenga un periodo de semidesintegración superior o bien a 10 días o bien al periodo del nucleido predecesor, se deberá considerar constituida por un solo radionucleido, y la actividad que se tome en consideración y el valor de A_1 o de A_2 que se aplique deberá ser el correspondiente al nucleido predecesor de la cadena. En el caso de cadenas de desintegración radiactiva, en las que cualquiera de los nucleidos descendientes tenga un periodo de semidesintegración superior o bien a 10 días o bien al periodo del nucleido predecesor, éste y los nucleidos descendientes se deberán considerar como mezclas de radionucleidos diferentes.

2.7.7.2.4 En el caso de mezclas de radionucleidos, la determinación de los valores básicos de radionucleidos a que se hace referencia en 2.7.7.2.1 podrá efectuarse como sigue:

$$X_m = 1 / \sum (f(i) / X(i))$$

donde: $f(i)$ es la fracción de actividad o concentración de actividad del radionucleido i en la mezcla;

$X(i)$ es el valor apropiado de A_1 o A_2 , o la concentración de actividad para material exceptuado o el límite de actividad para una remesa exenta, según corresponda, para el radionucleido i ;

X_m es el valor derivado de A_1 o A_2 , o la concentración de actividad para material exceptuado o el límite de actividad para una remesa exenta en el caso de una mezcla.

2.7.7.2.5 Cuando se conozca la identidad de todos los radionucleidos, pero se ignoren las actividades respectivas de algunos de ellos, los radionucleidos pueden agruparse y puede utilizarse el valor del radionucleido más bajo, según proceda, para los radionucleidos de cada grupo al aplicar las fórmulas que figuran en 2.7.7.2.4 y 2.7.7.1.4.2. La formación de los grupos puede basarse en la actividad alfa total y en la actividad beta/gamma total cuando éstas se conozcan, utilizando los valores más bajos de radionucleidos para los emisores alfa o los emisores beta/gamma, respectivamente.

2.7.7.2.6 Para radionucleidos aislados o para mezclas de radionucleidos de los que no se dispone de datos pertinentes se deberán utilizar los valores que figuran en el cuadro del párrafo 2.7.7.2.2.

2.7.8 Límites del índice de transporte (IT), el índice de seguridad con respecto a la criticidad (ISC) y el nivel de radiación correspondientes a bultos y sobreenvases

2.7.8.1 Salvo en el caso de remesas en la modalidad de uso exclusivo, el índice de transporte de cualquier bulto o sobreenvase no deberá ser superior a 10, y el índice de seguridad con respecto a la criticidad de cualquier bulto o sobreenvase no deberá ser superior a 50.

2.7.8.2 Salvo en el caso de bultos o sobreenvases transportados por ferrocarril o por carretera según la modalidad de uso exclusivo en las condiciones especificadas en 7.1.14.7 a), o, según la modalidad de uso exclusivo y arreglos especiales, en un buque en las condiciones especificadas en 7.1.14.9, el máximo nivel de radiación en cualquier punto de cualquier superficie externa de un bulto o sobreenvase no deberá exceder de 2 mSv/h.

2.7.8.3 El máximo nivel de radiación en cualquier punto de cualquier superficie externa de un bulto o sobreenvase en la modalidad de uso exclusivo no deberá exceder de 10 mSv/h.

2.7.8.4 Los bultos y sobreenvases se clasificarán en la categoría I-BLANCA, II-AMARILLA o III-AMARILLA, de conformidad con las condiciones especificadas en el cuadro que figura a continuación, y con las siguientes disposiciones:

a) En el caso de un bulto o sobreenvase, se deberán tener en cuenta tanto el índice de transporte como el nivel de radiación en la superficie para determinar la categoría apropiada. Cuando el índice de transporte satisfaga la condición correspondiente a una categoría, pero el nivel de radiación en la superficie satisfaga la condición correspondiente a una categoría diferente, el bulto o sobreenvase deberá considerarse que pertenece a la categoría superior de las dos. A este efecto, la categoría I-BLANCA deberá considerarse la categoría inferior.

b) El índice de transporte se deberá determinar de acuerdo con los procedimientos especificados en 2.7.6.1.1 y 2.7.6.1.2.

c) Si el nivel de radiación en la superficie es superior a 2 mSv/h, el bulto o sobreenvase deberá transportarse según la modalidad de uso exclusivo y ajustándose a las disposiciones de [7.1.14.7.1](#), o del párrafo [7.1.14.9](#), según proceda.

d) A un bulto que se transporte en virtud de arreglos especiales deberá asignársele la categoría III-AMARILLA.

e) A un sobreenvase que contenga bultos transportados en virtud de arreglos especiales deberá asignársele la categoría III-AMARILLA.

Categorías de los bultos y sobreenvases

Condiciones		Categoría
Índice de transporte	Nivel de radiación máximo en cualquier punto de la superficie externa	
0 ^a	Hasta 0,005 mSv/h	I - BLANCA
Mayor que 0 pero no mayor que 1 ^a	Mayor que 0,005 mSv/h	II - AMARILLA
Mayor que 1 pero no mayor que 10	Mayor que 0,5 mSv/h pero no mayor que 2 mSv/h	III - AMARILLA
Mayor que 10	Mayor que 2 mSv/h pero no mayor que 10 mSv/h	III - AMARILLA ^b

^a Si el IT medido no es mayor que 0,05, el valor citado puede ser cero en conformidad con [2.7.6.1.1 c\)](#).

^b Deberá transportarse también bajo uso exclusivo.

2.7.9 Disposiciones y controles para el transporte de bultos exceptuados

2.7.9.1 Los bultos exceptuados que puedan contener cantidades limitadas de materiales radiactivos, instrumentos, objetos manufacturados que se especifican en [2.7.7.1.2](#) y los embalajes vacíos que se especifican en [2.7.9.6](#), se pueden transportar con tal de que se cumplan las siguientes disposiciones:

a) las disposiciones aplicables que se especifican en [1.1.3.5](#), [4.1.9.1.2](#), [7.3.4.2](#), [2.7.9.2](#), [5.2.1.5.1](#) a [5.2.1.5.3](#), [5.4.1.4.1.1](#) y, según proceda, [2.7.9.3](#) a [2.7.9.6](#);

b) las disposiciones relativas a los bultos exceptuados que se especifican en el párrafo [6.4.4](#); y

c) si el bulto exceptuado contiene sustancias fisionables, se deberá aplicar una de las excepciones previstas en [6.4.11.2](#) para sustancias fisionables, así como lo estipulado en [6.4.7.2](#).

2.7.9.2 El nivel de radiación en cualquier punto de la superficie externa de un bulto exceptuado no deberá exceder de 5 mSv/h.

2.7.9.3 Los materiales radiactivos que estén contenidos en un instrumento o en otro objeto manufacturado o que formen parte integrante de él, tales que la actividad no exceda de los límites para los instrumentos y objetos y para los bultos especificados en las columnas 2 y 3, respectivamente, del cuadro del párrafo [2.7.7.1.2](#), podrán ser transportados en un bulto exceptuado, siempre que:

a) el nivel de radiación a 10 cm de distancia de cualquier punto de la superficie externa de cualquier instrumento u objeto sin embalar no exceda de 0,1 mSv/h; y

b) Todo instrumento o artículo lleve marcada la inscripción "RADIOACTIVO", a excepción de:

i) los relojes o dispositivos radioluminiscentes;

ii) los productos de consumo que hayan recibido la debida aprobación de conformidad con [2.7.1.2 d\)](#) o bien no rebasen individualmente el límite de actividad para una remesa exenta del cuadro [2.7.7.2.1](#) (columna 5), siempre que los productos se transporten en un bulto que lleve la marca de "RADIOACTIVO" sobre una superficie interna de modo tal que la advertencia sobre la presencia de material radiactivo sea visible al abrir el bulto, y

c) el material activo esté completamente encerrado en componentes no activos (un dispositivo cuya única función sea la de contener materiales radiactivos no deberá considerarse como instrumento u objeto manufacturado).

2.7.9.4 Los materiales radiactivos en formas diferentes de las especificadas en el párrafo [2.7.9.3](#), cuyas actividades no excedan del límite especificado en la columna 4 del cuadro del párrafo [2.7.7.1.2](#), podrán transportarse en un bulto exceptuado siempre que:

a) el bulto retenga su contenido radiactivo en las condiciones de transporte rutinario; y

b) el bulto lleve marcada en una superficie interior la inscripción "RADIOACTIVO" dispuesta de forma que al abrir el bulto se observe claramente la advertencia de la presencia de material radiactivo.

2.7.9.5 Los objetos manufacturados en los que los únicos materiales radiactivos sean uranio natural no irradiado, uranio empobrecido no irradiado o torio natural no irradiado, podrán transportarse como bulto exceptuado, siempre que la superficie externa del uranio o del torio esté encerrada en una funda o envoltura inactiva metálica o integrada por algún otro material resistente.

2.7.9.6 Los embalajes vacíos que hayan contenido previamente materiales radiactivos podrán transportarse como bulto exceptuado, siempre que:

a) se mantengan en buen estado de conservación y firmemente cerrados;

b) de existir uranio o torio en su estructura, la superficie exterior de los mismos esté cubierta con una funda o envoltura inactiva metálica o integrada por algún otro material resistente;

c) el nivel de contaminación transitoria interna no exceda de 100 veces los valores especificados en [4.1.9.1.2](#); y

d) ya no sean visibles las etiquetas que puedan haber llevado sobre su superficie de conformidad con lo dispuesto en [5.2.2.1.12.1](#).

2.7.10 Disposiciones aplicables a los materiales radiactivos de baja dispersión

Nota: Los materiales radiactivos que no sean de baja dispersión no se podrán transportar por vía aérea en una cantidad que supere $3\ 000A_1$ o $3\ 000A_2$ en caso de tratarse de bultos del tipo B(U) y B(M). Aunque esta limitación no se aplica al transporte por vía marítima de los bultos del tipo B(U) y B(M), se establecen los siguientes requisitos dado que dichos bultos que contienen materiales radiactivos de baja dispersión también se pueden transportar por vía marítima.

2.7.10.1 Los materiales radiactivos de baja dispersión deberán ser de tal naturaleza que la totalidad de estos materiales radiactivos contenidos en un bulto cumpla las siguientes disposiciones:

a) el nivel de radiación a 3 m de distancia de los materiales radiactivos sin blindaje no excederá de 10 mSv/h;

b) cuando se los someta a los ensayos especificados en [6.4.20.3](#) y [6.4.20.4](#), la liberación en suspensión en el aire en forma gaseosa y de partículas de un diámetro aerodinámico equivalente de hasta 100 μm no excederá de $100A_2$. Podrá utilizarse un espécimen distinto para cada ensayo; y

c) cuando se los someta al ensayo especificado en [2.7.3.4](#), la actividad en el agua no excederá de $100A_2$. En la aplicación de este ensayo se tendrán en cuenta los efectos nocivos de los ensayos especificados en el apartado b) precedente.

2.7.10.2 Todo espécimen que comprenda o simule materiales radiactivos de baja dispersión deberá someterse al ensayo térmico reforzado que se especifica en [6.4.20.3](#) y al ensayo de impacto que se indica en [6.4.20.4](#). Se podrá emplear un espécimen diferente en cada uno de los ensayos. Después de cada ensayo, el espécimen deberá someterse al ensayo por lixiviación especificado en [2.7.3.4](#). Luego de cada ensayo se deberá determinar si se han cumplido las disposiciones pertinentes indicadas en [2.7.10.1](#).

2.7.10.3 La demostración de que se cumplen las normas establecidas en [2.7.10.2](#) deberá hacerse de conformidad con [6.4.12.1](#) y [6.4.12.2](#).