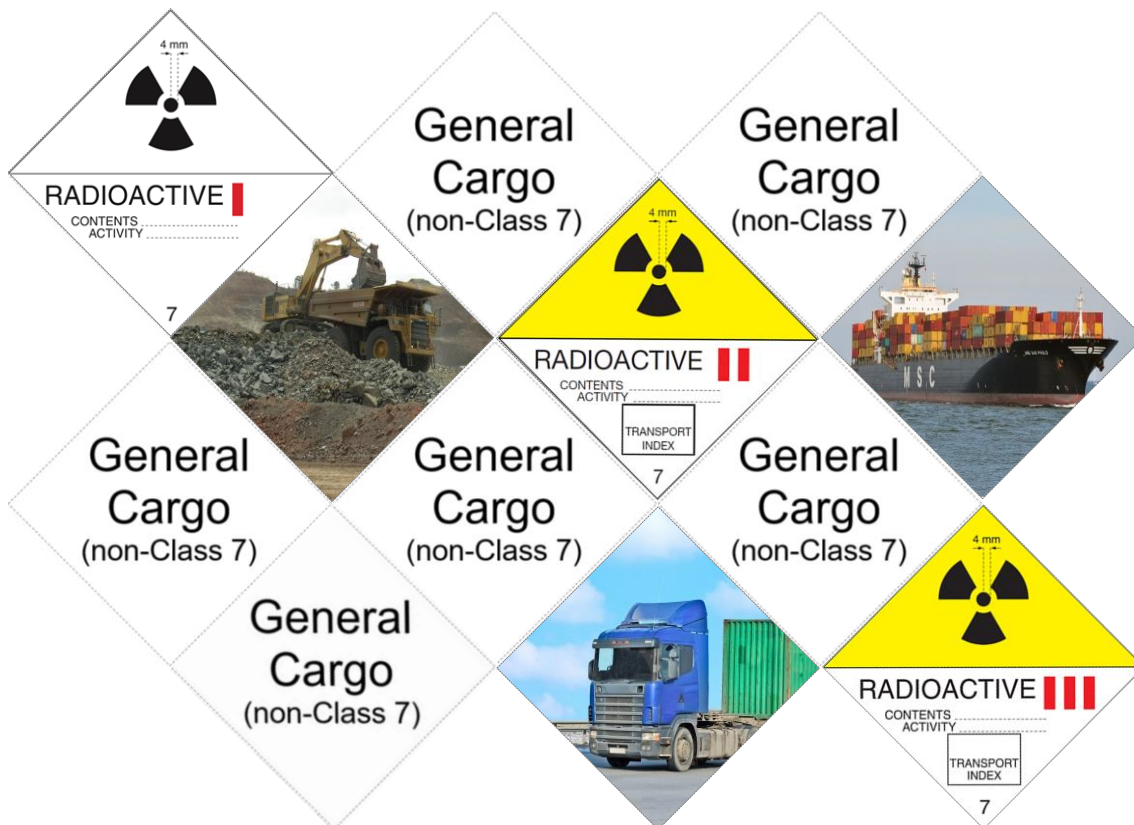




Transporte de NORM

Una guía para el transporte de materias primas de niobio (Nb) y tantalio (Ta) que son materiales radioactivos naturales (NORM)



Resumen Ejecutivo

Algunas materias primas de niobio (Nb) y tantalio (Ta) contienen trazas de torio (Th) y uranio (U) y por lo tanto son materiales radioactivos naturales (NORM).

Sobre la base de un ensayo del material que proporciona la concentración de Th y U, es posible calcular la concentración de radioactividad del material que se mide en bequerelios por grama (Bq/g).

El material con menos de 10 Bq/g está exento del reglamento para el transporte de materiales radioactivos (Clase 7) y puede ser enviado como carga general, pero el material encima de este nivel tiene que ser transportado de acuerdo con los requisitos para la Clase 7. Los envíos de NORM, sobre todo los que reúnen las condiciones para ser considerados Clase 7, tienen que asumir una carga mayor en relación con el cumplimiento de reglamentos tanto internacionales como nacionales en comparación con envíos que no sean NORM.

A pesar de no ser insuperables, la carga regulatoria y los riesgos relacionados pueden disuadir a un transportador o un puerto de aceptar envíos de NORM, lo cual da lugar a una denegación de expedición (DdE).

Una parte importante de cualquier estrategia para el transporte de NORM consiste en mejorar la sensibilización sobre este tema tanto en la industria como en la población y al mismo tiempo considerar los potenciales riesgos en su contexto.

El propósito de este documento es apoyar a los miembros de T.I.C. que buscan cumplir con las normas internacionales, nacionales y locales en materia del transporte seguro de materiales radioactivos, de acuerdo con los requisitos de la Política de Transporte de T.I.C.¹, en vista de que los materiales despachados inapropiadamente pueden tener un impacto negativo en nuestra industria.

Aviso legal

Esta traducción al español se proporciona únicamente para fines de información. En caso de cualquier duda o disputa, consulte la versión original en inglés. Esta guía no constituye ni reemplaza recomendaciones detalladas relativas a NORM. Para mayores detalles sobre este tema y sobre cómo contactar a un experto en NORM a través de T.I.C., por favor visite <http://www.tanb.org/>. T.I.C. no garantiza la exactitud ni la exhaustividad de esta guía, ni tampoco si es adecuada para los fines previstos del usuario y explícitamente renuncia a cualquier responsabilidad por la exhaustividad y exactitud de, o cualquier omisión en, esta guía. Esta guía no exime al usuario de realizar su propia investigación y cumplir con sus deberes profesionales. T.I.C. no acepta ningún tipo de responsabilidad en relación con esta guía. Al aceptar o utilizar esta guía, el lector de esta guía reconoce y acepta los términos de este descargo de responsabilidad.

¹ <http://www.tanb.org/images/TIC%20Policy%20on%20transport.pdf> [nota del traductor: no disponible en español], véase también el Anexo 4 de este informe.

Índice

Resumen Ejecutivo	2
Aviso legal	2
Acrónimos y abreviaciones	4
Introducción	5
Normas de Transporte	6
Panorama general	6
Las normas de transporte más recientes del OIEA: SSR-6.....	7
Dificultades de transporte	8
Definiciones	10
Material Radioactivo Natural (NORM)	10
Radiación.....	10
Radioactividad	10
Anexo 1: Ejemplos elaborados.....	12
Anexo 2: Una lista de verificación para el cumplimiento regulatorio en el transporte de NORM	13
Etiquetas para el transporte Clase 7	15
UN 2910 versus UN 2912	15
Anexo 3: Guías y lectura complementaria.....	17
Guías sobre SSR-6.....	17
Otras normas de transporte, incluidas normas sobre los distintos modos de transporte.....	17
Lectura complementaria.....	18
Sitios web útiles	19
Anexo 4: Política de Transporte de T.I.C.....	20
Antecedentes.....	20
Política.....	20
Alcance.....	20

Agradecimientos

Este documento ha sido elaborado por T.I.C. y Ulric Schwela de Salus Mineralis Limited. Asimismo, se contó con el apoyo y asesoramiento generosos del Instituto de Transporte Nuclear Mundial (WNTI), la Asociación Nuclear Mundial (WNA) y el Grupo de Trabajo de Facilitación del Transporte (TFWG).

Acrónimos y abreviaciones

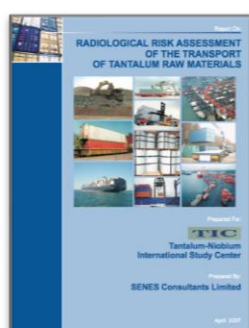
ADR	Acuerdo Europeo sobre Transporte Internacional de Mercancías Peligrosas por Carretera (<i>European Agreement concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Road</i>)
bequerelio	Una medida de radioactividad. Un bequerelio es una desintegración radioactiva por segundo.
Bq/g (o Bq g ⁻¹)	bequerelios por gramo, la concentración de radioactividad
CEPE	Comisión Económica para Europa de las Naciones Unidas
Clase 7	categoría de la Reglamentación Modelo de las Naciones Unidas, Clase 7 Mercancías Peligrosas
Código IMDG	Código Marítimo Internacional de Mercancías Peligrosas de la OMI (<i>International Maritime Dangerous Goods Code</i>)
DdE	Denegación de Envío
K	potasio
Nb	niobio
NORM	Materiales radioactivos naturales (<i>Naturally occurring radioactive materials</i>)
OACI	Organización de Aviación Civil Internacional
OIEA	Organismo Internacional de Energía Atómica
OMI	Organización Marítima Internacional
RID	Normativa Europea relativa al Transporte Internacional de Mercancías Peligrosas por Ferrocarril (<i>Regulations concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Rail</i>)
SSG-26	Material explicativo del OIEA relativo al Reglamento SSR-6 (anteriormente, TS-G-1.1)
SSG-33	Guía de Seguridad Específica del OIEA relativa al Reglamento de Seguridad SSR-6 (anteriormente, TS-G-1.6).
SSR-6	Reglamento del OIEA para el Transporte Seguro de Materiales Radioactivos (anteriormente, TS-R-1)
Sv	sievert
μSv/h	microsievert por hora
T.I.C.	Tantalium-Niobium International Study Center
Ta	tantalio
Ta ₂ O ₅	pentóxido de tantalio
TFWG	Grupo de Trabajo de Facilitación del Transporte (<i>Transport Facilitation Working Group</i>)
Th	torio
ThO ₂	dióxido de torio
TS-G-1.6	Normas de seguridad del OIEA reemplazadas por SSG-33 en 2012
TS-R-1	Normas del OIEA reemplazadas por SSR-6 en 2012
U	uranio
U ₃ O ₈	octaóxido de triuranio, el óxido más estable de uranio
UN 2910	Reglas Clase 7 para un bulto exceptuado con un nivel de radiación superficial de <5 μSv/h
UN 2912	Reglas Clase 7 para un bulto con un nivel de radiación superficial de >5 μSv/h
WNA	Asociación Nuclear Mundial (<i>World Nuclear Association</i>)
WNTI	Instituto de Transporte Nuclear Mundial (<i>World Nuclear Transport Institute</i>)

Introducción

Los materiales radioactivos naturales (NORM) son ubicuos en el entorno natural y se los encuentra comúnmente en arenas, arcillas, menas y minerales, subproductos, residuos reciclados y otros materiales usados por los humanos. Para muchas materias primas de niobio (Nb) y tantalio (Ta), entre las cuales colombita, tantalita, 'coltan', escoria de estaño y otros similares, los átomos de torio (Th) y uranio (U) están presos dentro de la matriz mineral y, por consiguiente, estas materias primas son NORM.

En vista de que se cree que los átomos de Th y U ocupan de manera intercambiable las mismas posiciones cristalinas que los átomos de Nb y Ta, es casi imposible separar el Th y U de estas materias primas al utilizar solamente métodos físicos de concentración mineral. En cambio, colombita, tantalita y escoria de estaño generalmente requieren un procesamiento químico especializado, típicamente la digestión en ácido fluorhídrico (HF) y ácido sulfúrico (H₂SO₄) caliente, después de la cual es posible remover el Th y U con seguridad². Generalmente esas instalaciones de procesamiento están lejos de las minas y se requiere transporte, normalmente por vía marítima. Transportar materiales radioactivos es un desafío pero es factible. Las normas de transporte internacional y los acuerdos basados en reglamentos y orientaciones del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) determinan las concentraciones máximas de Th y U en una sustancia; debajo de estos límites, el transporte puede ser tratado como carga general.

Los materiales que contienen Th y U encima del nivel de exención acordado a nivel internacional tienen que ser transportados como Mercancías Peligrosas Clase 7 y tienen que cumplir con las normas pertinentes para asegurar que sean transportados de manera segura. Las empresas tienen la obligación legal de cuidar a sus empleados y al público y tienen que cumplir con estos requisitos. Además de las normas y orientaciones del OIEA, a menudo los requisitos específicos de cada país añaden una capa de complejidad al transporte de NORM. Los países individuales tienen el derecho soberano de enmendar las normas o emitir normas adicionales a ser aplicadas en su país y a menudo lo hacen. Esta guía es una introducción sobre el tema del transporte de NORM en que se da un resumen de la información disponible y directrices en cuanto a las medidas claves que las empresas podrían tomar para cumplir con sus obligaciones regulatorias, pero no es exhaustiva dada la complejidad y las variaciones en las reglamentaciones nacionales existentes.



Evaluación de los riesgos de los NORM por T.I.C.

En un estudio realizado por T.I.C. como parte de una evaluación de riesgos que cubría materias primas de tantalio y niobio, se encontró que el 95% presentaba entre 5 y 50 Bq/g. El consultor independiente SENES elaboró el informe para determinar las características radiológicas de estos materiales y evaluar las potenciales exposiciones radiológicas asociadas con el transporte normal y en caso de un derrame accidental. Está disponible a través de T.I.C. en

<http://www.tanb.org/view/transport-of-norm> [nota del traductor: no disponible en español]

² Pirocloro típicamente se trata cerca de la mina, al utilizar un proceso de reducción aluminotérmica que remueve el Th/U para escoria residual. Algunas colombitas (p.ej. en Brasil) también son tratadas con éxito cerca de las minas.

Normas de Transporte

Panorama general

Las normas internacionales relativas al transporte de NORM son supervisadas por el OIEA³, una agencia de las Naciones Unidas con sede en Viena, Austria. Esta agencia tiene el mandato de “acelerar y aumentar la contribución de la energía atómica a la paz, la salud y la prosperidad en el mundo entero,”⁴ y desde 1961 se ha incluido un mandato relacionado con normas para el transporte de materiales radioactivos. En las siguientes décadas, estas normas pasaron por un proceso continuo e integral de revisión y ajuste.



Las normas del OIEA se aplican a través de dos vías paralelas:

- Normas internacionales y transnacionales:

Las normas del OIEA se incorporan en la Reglamentación Modelo de las Naciones Unidas para Mercancías Peligrosas que luego son la base para las ‘reglamentaciones modelo’ para el transporte internacional aéreo, terrestre o marítimo, incluyendo:

- CEPE: Comisión Económica para Europa de las Naciones Unidas.
 - ADR: Acuerdo Europeo sobre Transporte Internacional de Mercancías Peligrosas por Carretera.
 - RID: Normativa Europea relativa al Transporte Internacional de Mercancías Peligrosas por Ferrocarril.
- OMI (Código IMDG): Organización Marítima Internacional (Código Marítimo Internacional de Mercancías Peligrosas).
- OACI-IT: Organización de Aviación Civil Internacional – Instrucciones Técnicas.

- Normas nacionales:

Cada país implementa las normas del OIEA en cierta medida. En algunos casos los textos son casi idénticos, en otros casos los países modifican, agregan o eliminan secciones del texto, lo cual genera diferencias entre las jurisdicciones.

Una organización gubernamental designada para trabajar sobre las normas de transporte del OIEA se conoce como una “autoridad competente”⁵. Esas organizaciones son responsables por asegurar que la legislación nacional asegure que se cumplan los requisitos de transporte del OIEA. Si usted está involucrado con materiales NORM, tiene que estar dispuesto a cooperar con autoridades competentes relevantes para demostrar que cumple con las normas de transporte.

Lo más importante a recordar de esta estructura regulatoria es que una empresa tiene que cumplir con las normas *nacionales* en cada país en que se transportan sus materiales, al igual que las normas *locales* en puertos, ciudades y regiones, y *además* con las normas *internacionales* para los tramos del transporte que están dentro del alcance de esas normas internacionales.

³ <https://www.iaea.org/es/>

⁴ Estatutos del OIEA, 23 de octubre de 1956, y enmendados el 28 de diciembre de 1998, Artículo III, párrafo 6.

⁵ La lista de las autoridades competentes al 22 de marzo de 2016 se puede encontrar en el sitio web del OIEA: <https://www-ns.iaea.org/downloads/rw/transport-safety/competent-authorities-list.pdf>

Por ejemplo:

Para un transporte marítimo del país A al país B seguido por un transporte terrestre al país C, la empresa remitente tiene que cumplir con lo siguiente:

- Las normas *nacionales* en el país de origen A para el transporte terrestre desde las instalaciones del remitente hasta el puerto, y las normas específicas aplicables en ese puerto;
- El *Código IMDG* para el transporte marítimo desde el puerto en el país A hasta el puerto en el país B;
- Las *normas nacionales* del país de bandera del barco utilizado para el transporte marítimo;
- Las *normas nacionales* y las normas aplicables en los *puertos* en todos los puertos de escala (ya sea de tránsito o trasbordo) a lo largo de la ruta del país A al país B;
- Las normas del *puerto* de llegada en el país B, y las normas *nacionales* en el país B para el transporte terrestre del puerto a la frontera con el país C;
- Las *normas nacionales* en el país de destino C para el transporte terrestre hasta el destino final (desde la frontera con el país B hasta las instalaciones del destinatario);

Además,

- En caso de existir, un acuerdo regional como *ADR*⁶ o *RID*⁷ para el transporte terrestre desde el puerto en el país B hasta las instalaciones del destinatario en el país C.

Note que las normas del OIEA no aparecen en ninguna parte en el ejemplo de arriba. No obstante, las normas del OIEA constituyen la base de todas las demás normas, de modo que estar familiarizado con las normas del OIEA es una buena base para cumplir con las otras normas.

Las normas de transporte más recientes del OIEA: SSR-6

En el momento de elaborar este documento (diciembre de 2016), la última edición es el “Reglamento para el transporte seguro de materiales radiactivos, Edición de 2012”, que también se conoce simplemente como SSR-6⁸. Esta edición reemplazó TS-R-1 que fue publicado por última vez en 2009. El reglamento SSR-6 define los niveles de exención específicos de radionucleidos en unidades de concentración de radioactividad Bq/g, debajo de los cuales los materiales están fuera del alcance del control regulatorio. Los niveles de exención aumentan en un factor de 10 para materiales naturales y minerales, incluidos materiales procesados por medios físicos y/o químicos.

Para transportar materias primas de niobio y tantalio, los radionucleidos de interés son, en esencia, los que figuran como Th(nat) y U(nat), siempre que estos dos elementos estén en un

⁶ Acuerdo Europeo sobre Transporte Internacional de Mercancías Peligrosas por Carretera.

⁷ Normativa Europea relativa al Transporte Internacional de Mercancías Peligrosas por Ferrocarril.

⁸ Se puede descargar SSR-6 de http://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1570s_web.pdf

equilibrio natural con sus productos de desintegración. Los niveles de exención especificados en SSR-6 son 1 Bq/g tanto para Th(nat) como para U(nat), o sea que para NORM el nivel de exención es 10 Bq/g.

En el Anexo puede encontrar más materiales de lectura, orientaciones, documentos de investigación y otros.

Dificultades de transporte

Algunos sectores de la población y algunas autoridades de transporte tienen una percepción negativa de los materiales NORM, en especial los materiales sujetos a la reglamentación Clase 7, independientemente de la verdadera naturaleza de los materiales NORM, sus características y los muchos beneficios importantes que pueden tener para la sociedad.⁹

Por lo tanto, el transporte de acuerdo con todas las normas aplicables enfrenta varias dificultades:

- Conflictos entre los requisitos de las normas internacionales y nacionales y/o entre diferentes normas nacionales. Puede que se den en los criterios de clasificación, los requerimientos durante el transporte o en cualquier ámbito en que pudiera haber contradicciones.
- La percepción negativa de los materiales radioactivos que tienen algunas autoridades y la población. Esto ha dado lugar a prohibiciones de transporte en ciertas áreas o a requerimientos adicionales a nivel nacional o local, a veces por motivos políticos.

Asimismo, es de notar que el capitán de un barco, el piloto de una aeronave y la autoridad portuaria todos tienen el derecho legítimo de no aceptar el transporte o el paso de cualquier bulto que personalmente no les parezca seguro (sin importar si el bulto de hecho es inseguro).

Debido a la carga compleja de cumplir con las normas al transportar NORM, en combinación con los riesgos de incumplimientos no intencionados debido a conflictos a nivel de los requisitos de las normas nacionales, puede ser que un transportador tome la decisión comercial en el sentido de que no es rentable transportar mercancías Clase 7 y que por ende haya una denegación de envío (DdE) para esas mercancías Clase 7. Para una empresa que desea organizar un envío de material radioactivo, esta dificultad se manifestará en la falta de transportadores dispuestos a presentar una cotización para el transporte requerido o en cotizaciones que son un múltiplo de las tarifas de flete normales.

Al trabajar en el cumplimiento de sus obligaciones regulatorias, una empresa que enfrenta estas dificultades podría considerar el siguiente enfoque paralelo:

- Investigar las rutas potenciales desde el remitente hasta el destinatario. Para el transporte marítimo, esto tiene que incluir todos los puertos de escala y se tiene que mencionar si se trata de tránsito o trasbordo.

⁹ A algunas autoridades les sorprende descubrir que no todo el material Clase 7 son residuos nucleares: de hecho, la gran mayoría de los envíos Clase 7 son radiofármacos médicos como molibdeno-99 que generalmente se envía por vía aérea en pequeñas cantidades.

- Identificar las normas aplicables en cada país, región y puerto a lo largo de la ruta de transporte. Contactar a las autoridades en cada área para verificar la información relativa al transporte.
- Contactar a la autoridad competente¹⁰ en su país, presentar su empresa y construir una relación de confianza. Puede ser beneficioso mantener una buena comunicación y confianza mutua con su regulador tanto a corto como a largo plazo.
- Una vez que tenga la información y los contactos señalados arriba, puede contactar a empresas expedidoras y transportadoras desde una posición fuerte para explicar el transporte requerido.

¹⁰ La lista de las autoridades competentes al 22 de marzo de 2016 se puede encontrar en el sitio web del OIEA: <https://www-ns.iaea.org/downloads/rw/transport-safety/competent-authorities-list.pdf>

Definiciones

Material Radioactivo Natural (NORM)

En esencia, los NORM se definen¹¹ como materiales que sólo contienen los radionucleidos de ocurrencia natural K-40, U-235, U-238 y Th-232 y sus productos de desintegración radioactiva. Para las materias primas de niobio y tantalio, no debe haber otros radionucleidos, es decir de origen artificial/humano, mientras que es poco probable que el contenido de K-40 sea significativo.

La definición de NORM además señala que “los materiales en que las concentraciones de actividad de los radionucleidos de ocurrencia natural han sido cambiadas por un proceso están incluidos en los materiales radioactivos naturales”, es decir que los minerales no tratados, los concentrados de minerales, las escorias de estaño y los residuos generados después del procesamiento químico de estas materias primas están todos bajo la clasificación de NORM.

Es de notar que en los Estados Unidos y algunos otros países, los NORM a veces se subdividen para incluir el término “NORM tecnológicamente mejorados” (“TENORM”). Esta distinción es utilizada por las personas que afirman que los NORM no deberían incluir materiales con radionucleidos cuyo equilibrio natural ha sido perturbado o alterado. Sin embargo, el OIEA y T.I.C. no utilizan este término.

Radiación

La “radiación” es una medida de la energía liberada por la radioactividad, es decir por algo radioactivo.¹² Hay diferentes tipos de radiación y la de mayor interés para los NORM de niobio y tantalio es la que tiene la forma de rayos gama. Se puede medir la radiación gama con instrumentos, por ejemplo un tubo de Geiger-Müller, y a menudo se la describe como la “tasa de dosis”. Generalmente se mide en unidades de sievert (Sv) durante un periodo de tiempo. El sievert es una unidad grande y las medidas que se encuentran más comúnmente son $\mu\text{Sv/h}$ (microsieverts por hora) o mSv/y (milisieverts por año). Note que $1 \text{ mSv} = 1000 \mu\text{Sv}$.

Radioactividad

La “radioactividad” es la desintegración de átomos radioactivos en una sustancia. Los átomos radioactivos son átomos naturalmente inestables y pasarán por un cambio espontáneo para lograr una composición más estable. La frecuencia de la desintegración de estos átomos es la radioactividad que se mide en bequerelios (Bq), en que un bequerelio es igual a una desintegración atómica por segundo. La cantidad de radioactividad en una masa de material se conoce como la “concentración de radioactividad” que se mide en bequerelios por unidad

¹¹ Glosario de Seguridad del OIEA 2007, p. 126, “material radioactivo natural (NORM)”: “Material radioactivo que no tiene cantidades significativas de radionucleidos que no sean radionucleidos de ocurrencia natural.”.

¹² Una analogía común consiste en considerar una vela encendida; la “radioactividad” es la combustión de la cera en la llama de la vela, mientras que la “radiación” es el calor que emane de la llama de la vela.

de masa. El bequerelio es una unidad muy pequeña y las medidas más comúnmente encontradas son:

- MBq (mega bequerelio)
- GBq (giga bequerelio)
- Bq/g (bequerelio por gramo)
- kBq/kg (kilo bequerelio por kilogramo)

Note que $1 \text{ GBq} = 1.000 \text{ MBq} = 1.000.000.000 \text{ Bq}$, mientras que $1 \text{ Bq/g} = 1 \text{ kBq/kg}$ (son equivalentes).

Note también que no hay un método sencillo y directo para calcular el nivel de radiación en sievert de un nivel de radioactividad en bequerelios o viceversa.

Calcular los bequerelios por gramo (Bq/g) a partir de un ensayo

En todos los documentos publicados por T.I.C., salvo indicación en contrario, las cifras expresadas en Bq/g (la “concentración de radioactividad”) se refieren únicamente al nucleido (madre) relevante, de acuerdo con los valores para Th(nat) y U(nat) señalados en el reglamento SSR-6¹³ del OIEA de 2012, que no han cambiado desde que fueron introducidos por primera vez en 1996 y que siguen siendo la autoridad en el momento de elaborar este documento.

Es posible medir directamente los valores de Bq/g al utilizar la espectroscopia gama¹⁴ o una conversión simple a partir de un análisis elemental para torio y uranio. En vista de que los ensayos se pueden utilizar para medir tanto el Th/U elemental como los óxidos respectivos, aquí proporcionamos el método de cálculo para ambos.

Los factores de conversión aplicados son los siguientes:

Para óxidos de Th/U:

- $1\% \text{ ThO}_2 = 35,6 \text{ Bq/g}$
- $1\% \text{ U}_3\text{O}_8 = 104 \text{ Bq/g}$

Para Th/U elementales:

- $1\% \text{ Th} = 40,6 \text{ Bq/g}$
- $1\% \text{ U} = 123 \text{ Bq/g}$

Véase el Anexo 1 para ejemplos elaborados de cómo calcular el Bq/g a partir de los resultados de ensayos.

¹³ <http://www-pub.iaea.org/books/IAEABooks/10471/Regulations-for-the-Safe-Transport-of-Radioactive-Material-2012-Edition>

¹⁴ La espectroscopia de rayos gama mide la frecuencia y la intensidad energética de los rayos gama emitidos por un material. Es un método analítico especializado que proporciona un alto grado de sensibilidad y precisión, que es especialmente útil si un instrumento o método de análisis químico no es suficientemente sensible a bajos niveles de torio y uranio.

Anexo 1: Ejemplos elaborados

1)

Si un material contiene 0,04% ThO₂ y 0,06% U₃O₈, la concentración de radioactividad sería:

$$(0,04\% * 35,6) + (0,06\% * 104) = 1,42 + 6,24 = 7,66 \text{ Bq/g}$$

En este caso, el material estaría **debajo** del nivel de exención de 10 Bq/g para el transporte y podría ser transportado como carga general. Sin embargo, es importante notar que los materiales de baja actividad que califican como carga general aun así podrían activar alarmas, p.ej. monitores de puertas en instalaciones industriales o monitores portátiles utilizados por autoridades en puertos y en cruces fronterizos. Por ende, durante el transporte siempre debe haber documentación para demostrar la baja actividad de esos materiales.

2)

Si un tambor de 200 kg contiene 0,08% ThO₂ y 0,09% U₃O₈, la concentración de radioactividad sería:

$$(0,08\% * 35,6) + (0,09\% * 104) = 2,85 + 9,36 = 12,2 \text{ Bq/g}$$

En este caso, el material estaría **encima** del nivel de exención de 10 Bq/g.

Los materiales encima del nivel de exención de 10 Bq/g y por ende sujetos a las normas de transporte, también requerirán un cálculo de la radioactividad total para el bulto. La radioactividad total para el contenido seco de 200 kg del bulto:

$$200.000 * 12,2 = 2.440.000 \text{ Bq} = 2,44 \text{ MBq}$$

Note que probablemente las cifras de la radioactividad total serán grandes, motivo por el cual son expresadas convenientemente como MBq, GBq, etc.

3)

Si un contenedor de 20 toneladas tiene 0,80% Th y 0,18% U (note la diferencia de ThO₂ y U₃O₈), la concentración de radioactividad sería:

$$(0,80\% * 40,6) + (0,18\% * 123) = 32,5 + 22,1 = 54,6 \text{ Bq/g}$$

En este caso, el material estaría **encima** del nivel de exención de 10 Bq/g.

Al igual que en el ejemplo 2, los materiales encima del nivel de exención de 10 Bq/g además requieren el cálculo de la radioactividad total para el bulto. La radioactividad total para el contenido seco de 20 toneladas del bulto es:

$$20.000.000 * 54,6 = 1.092.000.000 \text{ Bq} = 1,09 \text{ GBq}$$

Anexo 2: Una lista de verificación para el cumplimiento regulatorio en el transporte de NORM

A continuación se describe un enfoque paso a paso para ayudar a verificar el cumplimiento regulatorio al planificar un envío de NORM que podría estar sujeto a las normas de transporte Clase 7. Además se especifica dónde puede encontrar información adicional. Algunos de estos requisitos parecerán onerosos, p.ej. los pasos 2) a 5), pero ello sólo será el caso al configurar estos sistemas por primera vez y al realizar nuevas actividades complejas.

- 1) Determine la concentración de radioactividad del material en unidades de Bq/g (véase los ejemplos elaborados en el Anexo 1):
 - a) De estar debajo de 10 Bq/g, el material está exento de las normas de transporte Clase 7. Puede enviar el material junto con un certificado de análisis como constancia.
 - b) De estar encima de 10 Bq/g, el material es sujeto a las normas de transporte Clase 7; proceda al Paso 2.
- 2) Establezca un **sistema de gestión** en la empresa basado en normas reconocidas para todas las actividades relacionadas con el transporte de NORM. Tiene que estar preparado para que la autoridad competente tenga acceso a sus instalaciones para una inspección de control de cumplimiento con las normas de transporte. Véase documento **TS-G-1.4**¹⁵ del OIEA para más información.
- 3) Establezca un **programa básico de protección contra la radiación** para el transporte de NORM. La índole y el alcance de las medidas a ser empleadas serán relativamente sencillos siempre que sean bajas la magnitud y la probabilidad de las exposiciones a radiación. Las empresas que no tengan NORM en sus propias instalaciones tienen que asegurar que sus subcontratistas cumplan con esta obligación. Véase documento **TS-G-1.3**¹⁶ del OIEA para más información.
- 4) Asegure que los empleados reciban una **capacitación** apropiada sobre la protección contra la radiación y las normas pertinentes, incluidas las normas de transporte del OIEA. La capacitación tiene que ser a medida de cada función y puede incluir algunos/todos los siguientes temas:
 - a) Conciencia general: categorías de materiales radioactivos; etiquetado, marcado, rotulado, embalaje y segregación; documentos de transporte; documentos de respuesta a emergencias.
 - b) Específicos según la función: requisitos específicos aplicables a la función de la persona.
 - c) Seguridad: (i) medidas para evitar accidentes, incluidos equipos de manipulación y métodos de estiba; (ii) información sobre la respuesta a emergencias; (iii) los peligros generales de las diferentes categorías de material radioactivo y formas para evitar exposición; (iv) los procedimientos a ser seguidos en caso de una fuga/un derrame, y procedimientos de respuesta a emergencias.

15 http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1352_web.pdf [nota del traductor: no disponible en español]

16 http://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1269s_Web.pdf

- 5) Prepare un plan de **respuesta a emergencias** en caso de accidentes o incidentes durante el transporte de material radioactivo. Las medidas a ser tomadas en casos de emergencia incluidas en el plan estarán dirigidas a proteger a las personas, el activo y el medio ambiente. Este tipo de planificación es relativamente sencillo para NORM de bajo nivel. Véase documento **TS-G-1.2**¹⁷ del OIEA para más información.
- 6) Asegúrese de que el embalaje utilizado cumpla con los requisitos generales señalados en las páginas 23 y/o 33 de **SSG-33**¹⁸. El embalaje normalmente tendrá que ser de acuerdo con la norma “Embalaje Industrial tipo 1” (IP-1).¹⁹
- 7) Prepare el bulto para el envío (es decir, llene el embalaje con el material NORM a ser transportado). Determine la tasa de dosis de la superficie del material embalado. En otras palabras, una vez que el material esté embalado y esté listo para el envío, mida la tasa de dosis en la superficie del bulto:
 - a) Si está debajo de 5 µSv/h, es considerado un “Bulto Exceptuado” con el código **UN 2910**. Sigue siendo Clase 7 pero se simplifican los requisitos regulatorios para reflejar el riesgo bajo de este material. Véase páginas 23-27 de **SSG-33** para una lista completa de los párrafos regulatorios **SSR-6** a ser cumplidos.
 - b) Si está encima de 5 µSv/h, se asigna el código **UN 2912** para “MATERIAL RADIOACTIVO, BAJA ACTIVIDAD ESPECÍFICA (LSA-I), sustancias no fisionables y fisionables exceptuadas”. Véase páginas 33-43 de **SSG-33** para una lista completa de los párrafos regulatorios **SSR-6** a ser cumplidos. Véase también Paso 8 sobre el Índice de Transporte (IT) y el etiquetado.
- 8) Se tiene que determinar el IT de los bultos **UN 2912** al medir la tasa de dosis de radiación más alta en mSv/h (milisieverts por hora) alrededor del bulto a una distancia de un metro y luego multiplicar este valor por 100 para obtener el IT. El valor del IT determina el tipo de etiqueta a ser colocada y se anota en esta etiqueta (excepto para Blanco-I):

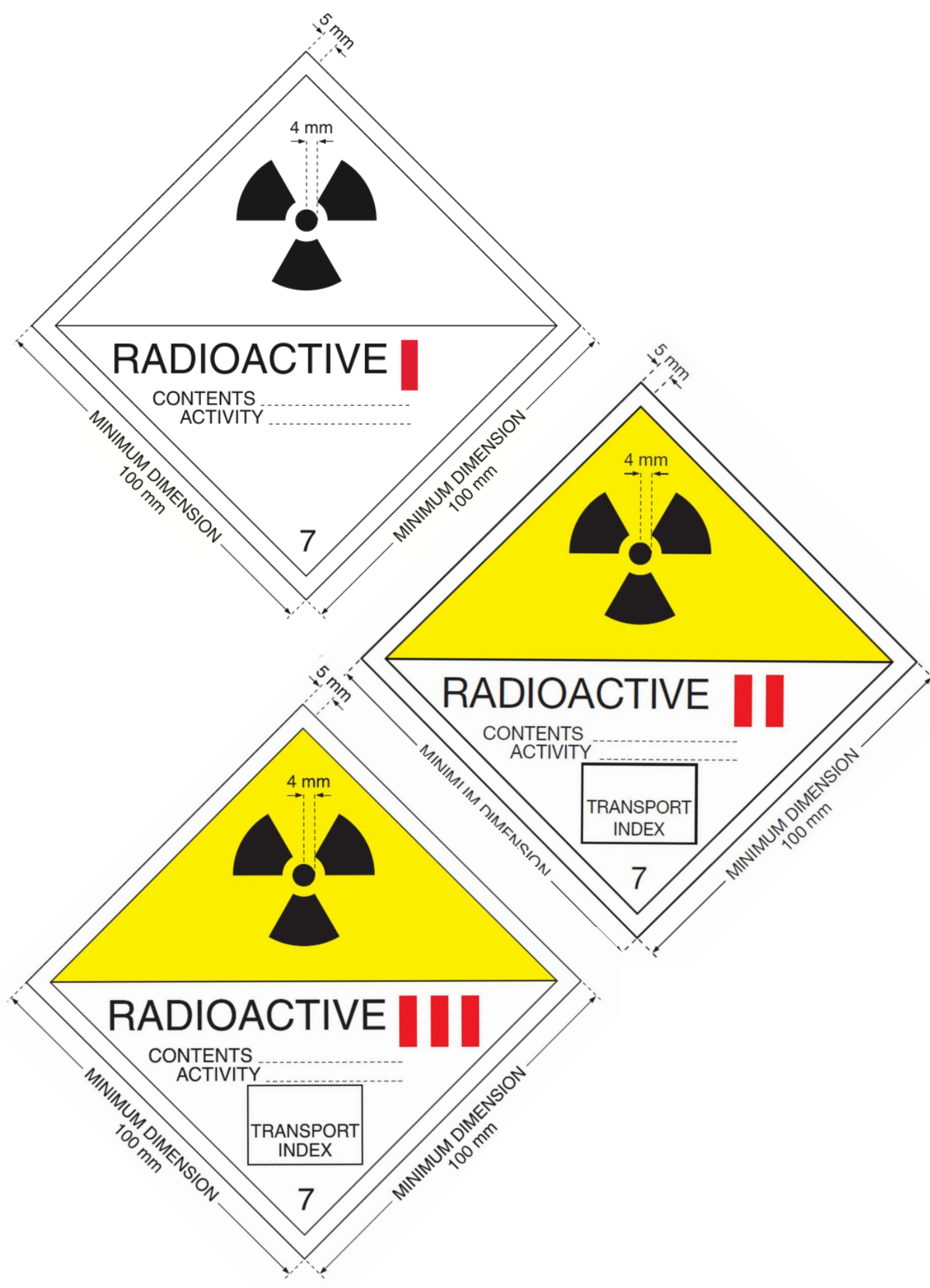
Índice de Transporte (IT)	Tipo de etiqueta
Menos de o igual a 0,05: puede ser asumido como “0”	Blanco-I
0 a 1	Amarillo-II
1 a 10	Amarillo-III
Más de 10	Amarillo-III bajo <i>Uso Exclusivo</i>

¹⁷ http://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1119s_web.pdf

¹⁸ **SSG-33** básicamente proporciona un resumen completo de los requisitos, con un listado de los párrafos regulatorios aplicables a cada número de las Naciones Unidas. Para enviar UN 2910 o UN 2912, busque el número de las Naciones Unidas relevante y encontrará una lista de los párrafos aplicables a ser cumplidos. La versión de 2005 de este documento se conocía como el documento **TS-G-1.6**. <http://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1666web-37958620.pdf> [nota del traductor: no disponible en español]

¹⁹ Los requisitos dependerán de si el material NORM es UN 2910 o UN 2912 (generalmente es UN 2912). En algunas situaciones no muy claras recién se podrá conocer la condición 2910/2912 cuando el material haya sido embalado y esté listo para ser enviado. Sin embargo, los requisitos para los dos son bastante similares y esto no debería ser un problema.

Etiquetas para el transporte Clase 7²⁰



²⁰ Estas etiquetas vienen del documento **SSR-6**, pp. 69-71, del OIEA. Véase también pp. 74-75 del mismo documento para ejemplos de letreros.

UN 2910 versus UN 2912

Algunas de las principales diferencias entre **UN 2910** y **UN 2912** son las siguientes (note que sólo son diferencias, no es una lista completa de requisitos). Es de notar que en caso de especificarse un límite de contenido, tanto para 2910 como para 2912 es ilimitado en vista del valor “A₂” ilimitado para Th(nat) y U(nat).²¹

UN 2910	UN 2912
Puede contener y ser transportado con otros productos.	El bulto sólo puede contener los ítems necesarios para el uso del material radioactivo.
Tiene que ser embalado.	Puede ser transportado sin embalaje bajo “ <i>Uso Exclusivo</i> ”.
El nivel de radiación en cualquier punto de la superficie externa de un bulto exceptuado no puede ser superior a 5 µSv/h.	El nivel máximo de radiación en cualquier punto de la superficie externa del bulto o el sobreenvase no puede ser superior a 2 mSv/h (vea las alternativas y excepciones).
No se requiere el IT.	El IT tiene que ser determinado. Los bultos y sobreenvases son asignados a la categoría I-BLANCO, la categoría II-AMARILLO o la categoría III-AMARILLO.
Marcar cada bulto con “UN 2910”.	Marcar cada bulto con “UN 2912” y “MATERIAL RADIOACTIVO, BAJA ACTIVIDAD ESPECÍFICA (LSA-I)”. También se tiene que marcar cada bulto que obedezca a un diseño IP-1 con “TIPO IP-1”.
Marcar con la palabra “RADIOACTIVO” en una superficie <u>interna</u> de una manera que se pueda ver una advertencia sobre la presencia de material radioactivo al abrir el bulto.	Las etiquetas tienen que ser adheridas en dos lados opuestos de la parte externa del bulto o sobreenvase, o en los cuatro lados de un contenedor. Marque la etiqueta con el contenido “LSA-I” y la actividad máxima del contenido (en MBq o GBq, véase los ejemplos en el Anexo 1).
Puede ser enviado por correo nacional e internacional (p.ej. para muestras).	No puede ser enviado por correo. Se implementan varios requisitos y restricciones durante el transporte.

²¹ El valor “A₂” es un límite para la mayoría de los radionucleidos en cuanto a la cantidad que puede ser transportada en un bulto “Tipo A”. La mayoría de los NORM basan su radioactividad en torio natural Th(nat) y uranio natural U(nat) cuyos valores A₂ son “*ilimitados*”, y por ende cualquier límite basado en el valor A₂ también es ilimitado para estos NORM.

Anexo 3: Guías y lectura complementaria

El texto completo del reglamento de transporte **SSR-6** del OIEA puede ser descargado de http://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1570s_web.pdf

Guías sobre SSR-6

Además del reglamento **SSR-6**, el OIEA también dispone de los siguientes documentos de orientación²² que son revisados y actualizados regularmente. Son útiles para una mayor comprensión del propósito del texto normativo y cómo puede ser cumplido. En este sentido, los dos documentos más útiles de la lista son **SSG-26** y **SSG-33**:

- Material explicativo para la aplicación del Reglamento del OIEA para el transporte seguro de materiales radiactivos (Edición de 2012) – **SSG-26**;²³
http://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/P1586_S_web.pdf
- Planificación y preparación de medidas de respuesta a emergencias en los accidentes de transporte que afecten a materiales radiactivos – **TS-G-1.2 (ST-3)** – Edición de 2002;
http://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1119s_web.pdf
- Programas de protección radiológica para el transporte de materiales radiactivos – **TS-G-1.3** – Edición de 2007;
http://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1269s_Web.pdf
- The Management System for the Safe Transport of Radioactive Material – **TS-G-1.4** – Edición de 2008 [nota del traductor: no disponible en español];
http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1352_web.pdf
- Schedules of Provisions of the OIEA Regulations for the Safe Transport of Radioactive Material (Edición de 2012) [nota del traductor: no disponible en español] – **SSG-33** – publicado en 2015;²⁴
<http://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1666web-37958620.pdf>

Otras normas de transporte, incluidas normas sobre los distintos modos de transporte

De acuerdo con lo explicado en el Resumen de las Normas de Transporte, el documento **SSR-6** del OIEA es sólo una recomendación, a pesar de tener la palabra “Reglamento” en su título.²⁵ El documento **SSR-6** es la base para otras normas sobre los distintos modos de transporte, por ejemplo:

²² El documento relacionado “Compliance Assurance for the Safe Transport of Radioactive Material” – TS-G-1.5 – Edición de 2009 (http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1361_web.pdf) [no disponible en español] es únicamente para las autoridades competentes del gobierno.

²³ Básicamente, **SSG-26** es un texto anexo a ser leído conjuntamente con el reglamento **SSR-6**: prácticamente párrafo por párrafo, **SSG-26** explica el propósito y los antecedentes del texto en **SSR-6**. Las versiones de 2008 y anteriores de este documento se conocían como **TS-G-1.1**.

²⁴ Básicamente, **SSG-33** proporciona un resumen completo de los requisitos, con un listado de los párrafos regulatorios que son aplicables a cada número de las Naciones Unidas. Para el envío de UN 2910 o UN 2912, busque el número las Naciones Unidas relevante y podrá encontrar una lista de los párrafos aplicables a ser cumplidos. La versión de 2005 de este documento se conocía como **TS-G-1.6**.

²⁵ Sólo se utiliza como “reglamento” para el transporte organizado para el OIEA.

- Las “Recomendaciones relativas al transporte de mercancías peligrosas - Reglamentación Modelo” (Reglamentación Modelo de las Naciones Unidas) – Rev. 19 - publicadas en 2015;
http://www.unece.org/es/trans/danger/publi/unrec/rev19/19files_s.html
- El “Código Marítimo Internacional de Mercancías Peligrosas” (Código IMDG) para el transporte marítimo – publicado en 2016 (no se puede descargar gratuitamente);
<http://www.imo.org/es/publications/imdgcode/paginas/default.aspx>
- El “Acuerdo Europeo sobre Transporte Internacional de Mercancías Peligrosas por Carretera” (ADR) para el transporte por carretera en la EU y los países signatarios – publicado en 2015;
<http://www.unece.org/trans/danger/publi/adr/adr2015/15contentse.html> [nota del traductor: no disponible en español]
- La “Normativa Europea relativa al Transporte Internacional de Mercancías Peligrosas por Ferrocarril” (RID) para el transporte por ferrocarril en la EU y los países signatarios – publicada en 2015;
<http://www.otif.org/index.php?id=542&L=2> [nota del traductor: no disponible en español]
- El “Acuerdo europeo sobre transporte internacional de mercancías peligrosas por vía navegable” (ADN) para el transporte por vía navegable en la EU y los países signatarios – publicado en 2015;
http://www.unece.org/trans/danger/publi/adn/adn2015/15files_e.html [nota del traductor: no disponible en español]
- Las “Instrucciones técnicas para el transporte sin riesgos de mercancías peligrosas por vía aérea” (Instrucciones Técnicas de la OACI) para el transporte por vía aérea – publicadas en 2015; <http://www.icao.int/safety/DangerousGoods/Pages/technical-instructions.aspx> [nota del traductor: no disponible en español]

Lectura complementaria

El OIEA también publica una variedad de documentos de investigación, evaluaciones y estudios y además hay varios textos en que se describen los principios básicos en los que se basan todas las normas (o sea no sólo para el transporte). A pesar de no ser necesario que las personas que deseen cumplir con las normas de transporte lean estos documentos, dan una visión de fondo más amplia y más profunda para los interesados en comprender la base y el contexto más amplio de las normas de transporte.

- Principios fundamentales de seguridad – **SF-1** – Edición de 2006;
http://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1273_S_web.pdf
- Assessing the Need for Radiation Protection Measures in Work Involving Minerals and Raw Materials – **SRS-49** – Edición de 2006; *
http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1257_web.pdf [nota del traductor: no disponible en español]
- Aplicación de los conceptos de exclusión, exención y dispensa – **RS-G-1.7** – Edición de 2004;
http://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1202s_web.pdf
- Input data for quantifying risks associated with the transport of radioactive material – **TECDOC-1346** (2003);

http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/te_1346_web.pdf [nota del traductor: no disponible en español]

- Regulatory Control for the Safe Transport of Naturally Occurring Radioactive Material (NORM) – **TECDOC-1728** (2013); **
http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/te_1728_web.pdf [nota del traductor: no disponible en español]
- Transport Saves Lives – brochure calling for action to sustain the transport of radioactive material (2012)
<http://www.tanb.org/images/Denial%20of%20Shipment%20brochure%202012.pdf> [nota del traductor: no disponible en español]
- Transport for Life - a call for action on the transport of radioactive material (2011)
<http://www.tanb.org/images/Denial%20of%20Shipment%20brochure%202011.pdf> [nota del traductor: no disponible en español]

*: **SRS-49** específicamente menciona el niobio y el tantalio en la sección 3.1.3; sin embargo, los valores de la concentración de radioactividad descritos como “típicos” son considerados por este autor como valores en el nivel superior que son alcanzados sólo en una minoría de los casos. Independientemente de lo que es o no es “típico”, “la responsabilidad primordial de la seguridad debe recaer en la persona u organización a cargo de las instalaciones y actividades que generan riesgos asociados a las radiaciones.”²⁶ Y estas personas u organizaciones tienen que evaluar regularmente las concentraciones de radioactividad en sus materiales y actuar de manera acorde a ellas.

** : **TECDOC-1728** es el informe final publicado del proyecto de investigación del OIEA al que contribuyó T.I.C. en los años 2006-2010. La investigación de T.I.C. fue presentada con el gentil apoyo de Canadá y los lectores podrán encontrar la investigación de T.I.C. en las secciones canadienses en este informe.

Sitios web útiles

Se puede encontrar información general adicional en los siguientes sitios web [nota del traductor: no disponibles en español]:

- Red Europea ALARA para Materiales Radioactivos Naturales
<http://ean-norm.eu/>
- Unidad de Seguridad en el Transporte del OIEA
<http://www-ns.iaea.org/tech-areas/radiation-safety/transport.asp>
- Grupo de Trabajo de Facilitación del Transporte (TFWG)
<https://www.eiseverywhere.com//ehome/203772>
- T.I.C. (página del sitio web público sobre el transporte de NORM)
<http://www.tanb.org/view/transport-of-norm>
- Asociación Nuclear Mundial (WNA)
<http://www.world-nuclear.org>
- Instituto de Transporte Nuclear Mundial (WNTI)
<http://www.wnti.co.uk/>

²⁶ **SSR-6** párrafo 101.

Anexo 4: Política de Transporte de T.I.C.

Antecedentes

El Tantalium-Niobium International Study Center (T.I.C.) tiene una amplia membresía de todos los niveles de las industrias de niobio y tantalio, desde la minería hasta la manufactura de componentes y productos. A lo largo de esa cadena de suministro, existe la necesidad de transportar materias primas, incluyendo concentrados de minerales y escorias secundarias, de los cuales se extraen niobio y tantalio. Algunas de estas materias primas además contienen torio natural y/o uranio natural en niveles que a menudo superan el nivel de exención regulatorio definido por OIEA y reconocido internacionalmente en normas sobre el transporte en diferentes modos de transporte como ser las del OACI, la OMI y la CEPE, y una gran cantidad de normas nacionales.

Esta política²⁷ fue adoptada por los miembros de T.I.C. en octubre de 2014 en ocasión de la 55a Asamblea General que se celebró en Nueva York, NY, Estados Unidos de América.

Política

Como una asociación sectorial, T.I.C. está comprometido con prácticas comerciales legales y éticas.

Alentamos constantemente a nuestros miembros a cumplir con estos principios y queremos tener un impacto positivo en la cadena de suministro en este sentido.

Por lo tanto, este compromiso requiere que todas las empresas miembros de T.I.C. cumplan completamente con todas las normas internacionales, nacionales y locales aplicables en materia del transporte seguro de materiales radioactivos.

Asimismo, los miembros deben tomar medidas para confirmar que sus proveedores inmediatos también cumplan plenamente con las normas internacionales, nacionales y locales aplicables en materia del transporte seguro de materiales radioactivos.

Se espera que los miembros sostengan un diálogo y cooperen con las autoridades pertinentes para asegurar que cumplan con el requisito de cumplimiento señalado arriba.

T.I.C. se compromete a apoyar con asesoramiento, facilitación y orientación para ayudar a los miembros en el cumplimiento.

Alcance

El alcance de esta política cubre el transporte de todas las materias primas que tienen los elementos niobio y/o tantalio, en que la radioactividad es superior al nivel de exención aplicable para materiales radioactivos. Esta radioactividad incluye, pero no tiene que ser limitada a, torio natural, uranio natural y sus productos de desintegración. El transporte de material radioactivo incluye el transporte de Mercancías Peligrosas Clase 7.

²⁷ <http://www.tanb.org/images/TIC%20Policy%20on%20transport.pdf> [nota del traductor: no disponible en español]