



Pedro Justo Dorado Dellmans, 11
28040 Madrid
tel.: 91 346 01 00
fax: 91 346 05 88
www.csn.es

El transporte de materiales radiactivos / CSN



El transporte de materiales radiactivos / CSN





Referencia: SDB-06.01

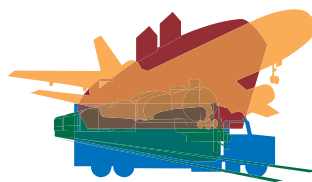
© Consejo de Seguridad Nuclear, 2009

Edita y distribuye:
Consejo de Seguridad Nuclear
Pedro Justo Dorado Dellmans, 11
28040 Madrid
tel.: 91 346 01 00
Fax: 91 346 05 88
www.csn.es

Diseño de colección:
Juan Vidaurre

Imprime:

Depósito Legal:



Introducción	5
Objetivos de la reglamentación del transporte de materiales radiactivos	7
Tipos de bultos para el transporte	8
Señalización de los bultos de material radiactivo	15
Información que acompaña las expediciones de bultos radiactivos	19
Pruebas de seguridad y ensayos de los bultos	22
Control de los transportes de materiales radiactivos en España	26
El Consejo de Seguridad Nuclear	28

Introducción

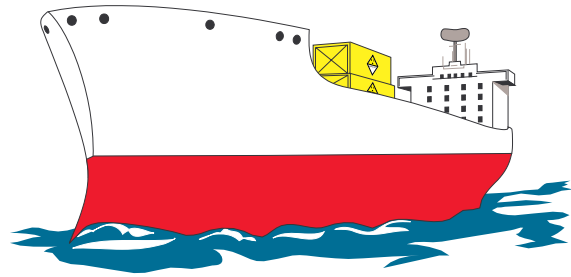
En la sociedad actual se transportan frecuentemente materiales peligrosos. Cada día está aumentando no sólo la cantidad, sino también la diversidad de este tipo de cargamentos. Se estima que cada semana se incorporan al comercio mundial unas 6.000 sustancias químicas nuevas.

El transporte, ya sea de personas, de animales o de mercancías, siempre entraña riesgos y en ocasiones es causa de lesiones o de la muerte de trabajadores del transporte, pasajeros o terceras personas.

El transporte de materiales radiactivos representa sólo una pequeña fracción del total; aún así, ya en el año 1985 el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) de las Naciones Unidas estimaba que se transportaban cada año más de 10 millones de bultos que contenían materiales radiactivos. Este número ha ido creciendo en los últimos años.

La mayor parte de estos transportes contienen cantidades muy pequeñas de materiales radiactivos que se usan con fines de diagnóstico médico, en ciertas aplicaciones industriales o con fines de investigación.

En el otro extremo, los envíos de sustancias nucleares como el combustible irradiado y no irradiado se suelen considerar expediciones singulares con empleo exclusivo de un medio de transporte, y que van acompañadas de medios de protección física para impedir el robo, el desvío no autorizado o el sabotaje.



Transporte de material radiactivo en barco.

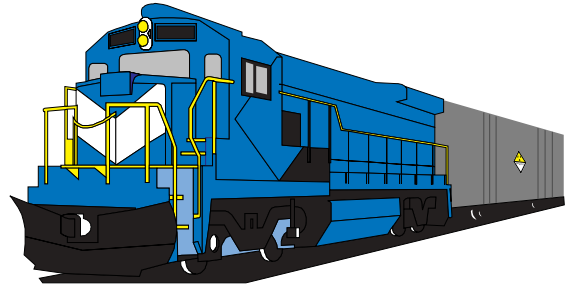


Transporte de material radiactivo en camión.

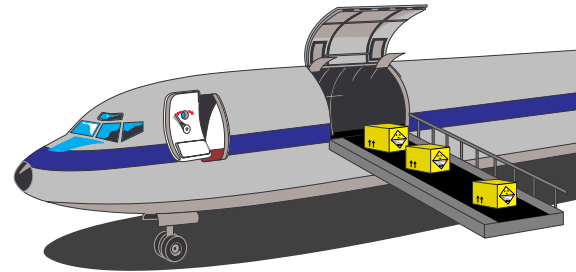
Otros transportes corresponden a fuentes radiactivas de gran actividad utilizadas, fundamentalmente, en la terapia del cáncer. También es necesario transportar minerales de uranio y residuos radiactivos. Así, cuando las instalaciones llegan al final de su vida útil y se descontaminan y clausuran, los materiales radiactivos generados en las operaciones de desmantelamiento también deben transportarse hasta los lugares de almacenamiento.

Se emplean todos los medios de transporte, aunque el aéreo es el más utilizado, sobre todo para radionucléidos usados en aplicaciones médicas, cuya actividad decae rápidamente y que van contenidos en embalajes de pequeño tamaño. No obstante, en España el envío de materiales radiactivos por correo está prohibido por la Ley de Energía Nuclear.

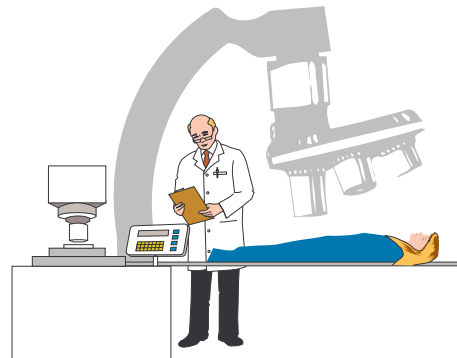
Ya en el comienzo del empleo de los materiales radiactivos, el OIEA (creado en 1957) emprendió la tarea de elaborar normas de seguridad para el transporte de dichos materiales. La primera edición del Reglamento para el Transporte sin Riesgo de Materiales Radiactivos del OIEA se publicó en 1961. Desde entonces se han realizado varias actualizaciones de este reglamento que sirve de base a las reglamentaciones nacionales e internacionales.



Transporte de material radiactivo en tren.



Transporte de material radiactivo en avión.



Paciente en sesión de diagnóstico o terapia.

Objetivos de la reglamentación del transporte de materiales radiactivos

Cualquier regulación sobre el transporte de materiales radiactivos tiene por objeto:

- Impedir la dispersión del material radiactivo y su posible incorporación por las personas que estén en las inmediaciones.
- Prevenir el riesgo de las radiaciones emitidas por dicho material.
- Evitar los daños derivados del calor emitido por ciertos bultos de transporte.
- Evitar la posibilidad de una reacción en cadena (criticidad) cuando se transportan sustancias fisionables.

Para ello, se toman una serie de medidas:

1. Se asegura que la contención del material es la adecuada para evitar su dispersión; con este fin se tiene en cuenta la resistencia mecánica del embalaje y la naturaleza y actividad del material transportado.

2. Se controla el nivel de radiación externa utilizando materiales de blindaje en los bultos y advirtiendo de los niveles de radiación en su exterior mediante la correspondiente etiqueta de señalización.

Bulto es el embalaje más el contenido radiactivo.

La seguridad en el transporte se basa en el diseño de los embalajes y en la preparación de las remesas por el remitente.

3. Se evitan los daños producidos por el calor a través del diseño del embalaje y de las condiciones de estiba de los bultos.

4. Se impide la criticidad mediante un adecuado diseño de los embalajes y con la limitación del contenido de cada bulto y del número de estos por envío.

Considerando la gran cantidad de envíos de material radiactivo que se hacen, y para evitar que los trabajadores que manipulen los bultos tengan que adoptar medidas específicas, la seguridad en el transporte se basa en el diseño seguro de los embalajes y no en el control de esos envíos.

Los requisitos de seguridad de los embalajes son más estrictos a medida que aumenta el riesgo del material radiactivo que van a contener.

La responsabilidad de la seguridad del transporte se hace recaer, en su mayor parte, en el remitente: utilización de los embalajes idóneos, preparación adecuada de los bultos, cumplimentación de la documentación del envío e información al transportista sobre el contenido, sus riesgos, los controles de carga y almacenamiento y las instrucciones de emergencia.

Es responsabilidad de los transportistas el cumplimiento de la reglamentación de transporte en cuanto a la formación y requisitos de los conductores y a las condiciones del vehículo, el cumplimiento de las normas de circulación y el seguimiento de todos los procedimientos que se recojan en la documentación que se les entregue.

Tipos de bultos para el transporte

Los materiales radiactivos se transportan en uno de los cinco tipos de bulto siguientes:

1. Bultos exceptuados

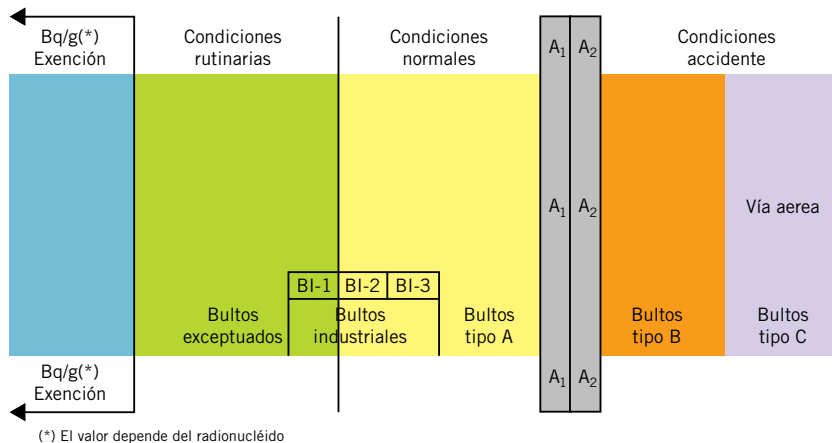
Contienen cantidades tan pequeñas de materiales radiactivos que se diseñan para soportar sólo las condiciones rutinarias de transporte. Están exceptuados de la mayoría de los requisitos. Sólo han de cumplir unas condiciones generales de diseño (fácil manipulación, posible sujeción, fácil descontaminación...) y se señalizan externamente sólo con el número de Naciones Unidas (UN) precedido de las letras UN e internamente con la palabra radiactivo.

Normalmente contienen pequeñas cantidades de material radiactivo de uso en la investigación y en el diagnóstico médico o en artículos manufacturados.

2. Bultos industriales

Se emplean para el transporte de materiales calificados como de Baja Actividad Específica (BAE) u Objetos Contaminados Superficialmente (OCS).

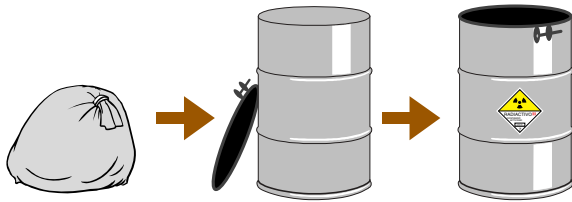
Además de las condiciones requeridas a los bultos exceptuados, los bultos industriales deben cumplir con los requisitos relativos al etiquetado exterior y con los documentos de expedición. Existen tres tipos de bultos industriales:



Requisitos de embalaje

Los requisitos de los embalajes son más estrictos al aumentar el riesgo de su contenido.

- Bultos industriales tipo 1 (BI-1). Al igual que los bultos exceptuados, se diseñan para soportar sólo las *condiciones rutinarias de transporte*, pero aumentan los requisitos de señalización y de documentación. En ellos se transportan minerales, uranio natural y materiales de muy baja actividad específica.
- Bultos industriales tipo 2 (BI-2). Deben ser sometidos además a ensayos de caída libre y apilamiento.
- Bultos industriales tipo 3 (BI-3). Deben, además, pasar ensayos de aspersión con agua y de penetración.



Ejemplo de bulto industrial.

Los ensayos a los que se someten los BI-2 y BI-3 simulan incidencias o situaciones que se dan en *condiciones normales de transporte*: caídas, golpes, apilamientos, lluvia, etc. No es preciso que el diseño de estos bultos soporte las condiciones de accidente severo, pues el riesgo de su contenido es muy limitado, ya que el material radiactivo está repartido o distribuido en una gran cantidad o superficie de otro material inactivo.

Muchos de estos embalajes son similares a bidones utilizados en la industria convencional, pudiendo llevar el contenido inmovilizado con hormigón u otra sustancia ligante para los de mayor riesgo. En estos embalajes, generalmente, se transportan residuos radiactivos de baja y media actividad.



Transporte de bultos industriales.

3. Bultos tipo A

Están previstos para transportar de modo seguro actividades relativamente pequeñas de materiales radiactivos.

Deben soportar todos los ensayos de los bultos BI-3, que simulan *condiciones normales de transporte*, y someterse a algunas pruebas adicionales si el contenido es líquido o gaseoso.

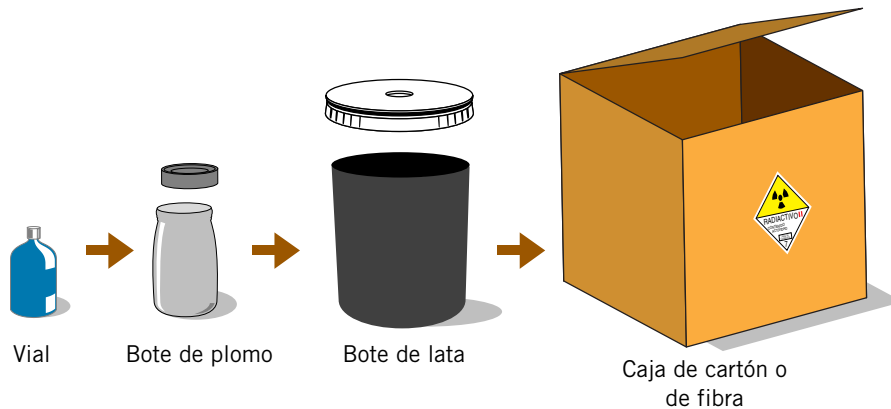
Como no se considera en el diseño de los embalajes tipo A la situación de accidente, el contenido del material radiactivo que puede transportarse en ellos está limitado a unos valores de actividad denominados A1 y A2⁽¹⁾. Estos dos valores varían para cada radionucléido en

función de su radiotoxicidad. Esta limitación implica que, en el caso de una liberación del contenido de estos bultos, los riesgos por contaminación o irradiación externa serán bajos.

Una descripción genérica de estos bultos sería: el material radiactivo va en un vial o frasco, éste en un recipiente de plomo de espesor adecuado, que, a su vez, va dentro de un bote de lata herméticamente cerrado. Todo el conjunto, entre material amortiguador de golpes, se empaqueta en una caja de cartón o de fibra. Si el material radiactivo fuera líquido, entre el bote de plomo y la lata se introduce un material absorbente que sea capaz de embeber hasta el doble del contenido.

(1)- A1: Actividad que no debe ser superada en un bulto tipo A cuando el material está encapsulado en forma especial. Gracias a este encapsulamiento el material es de difícil dispersión o disgregación, lo que se demuestra mediante ensayos destructivos específicos. El diseño de estos materiales está sujeto a aprobación previa.

- A2: Actividad que no debe ser superada en un bulto tipo A cuando el material no está encapsulado en forma especial.

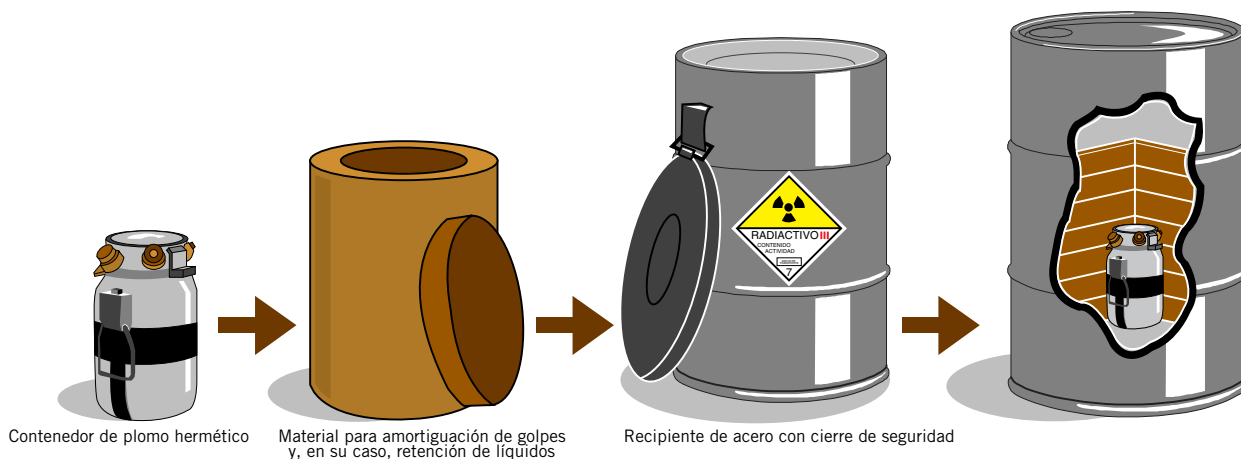


Ejemplo de bulto tipo A.

4. Bultos tipo B

Son los utilizados para transportar mayores actividades de materiales radiactivos (superiores a los valores A1 y A2). Deben poder resistir, además de las *condiciones normales de transporte*, los efectos de accidentes graves. Para ello se someten a ensayos de resistencia mecánica y térmica y de inmersión en agua, que simulan condiciones de accidentes graves.

Los diseños de estos embalajes son muy diversos, pero en general, el material radiactivo va en un recipiente que actúa de blindaje (plomo o uranio empobrecido) y éste a su vez en otro de acero. Entre ambos suelen utilizarse materiales aislantes térmicos. En ocasiones existe un contenedor más externo de madera. En estos embalajes los espesores de los materiales pueden ser considerables y sus sistemas de cierre deben evitar la apertura incluso ante accidentes muy severos.



Ejemplo de bulto tipo B.

La mayor parte de los bultos que se transportan contienen material de bajo riesgo o muy limitado. El 90% son del tipo exceptuado y del tipo A con destino a los centros médicos y de investigación

Se utilizan para transportar las fuentes radiactivas de alta actividad empleadas para la terapia del cáncer y para la esterilización del material quirúrgico. También muchos equipos de gammagrafía industrial, con los que se detectan defectos en soldaduras y estructuras, son bultos de tipo B.

Existen dos tipos de bultos B:

- Los que necesitan sólo la aprobación de la autoridad competente del país donde se haya diseñado el bulto (aprobación unilateral), que se denominan bultos tipo B(U).
- Los que precisan, además, las aprobaciones de las autoridades competentes de todos los países por los que han de circular (aprobación multilateral), que son los denominados bultos tipo B(M).

5. Bultos tipo C

Se utilizan para el transporte, por vía aérea, de altas actividades de material radiactivo. Tienen que superar los mismos ensayos que los bultos tipo B y además otros específicos que representan el accidente aéreo. La idea general de diseño del embalaje es similar a la del tipo B, pero con materiales y espesores que le dan una mayor resistencia mecánica y con sistemas de cierre que aseguran aún más la contención, en

previsión de un accidente aéreo. El diseño precisa de aprobación previa.

Además de estos cinco tipos, se definen requisitos específicos para los bultos que contienen sustancias fisionables y hexafluoruro de uranio.

Bultos que contienen sustancias fisionables

Son aquellos que portan un material capaz de producir una reacción nuclear en cadena (criticidad). El objetivo en el diseño de estos bultos es evitar la criticidad, además de cumplir con los requisitos que les imponga el tipo en el que se clasifiquen por las características radiactivas del material (industrial, A, B o C). Para estos bultos se precisan evaluaciones y controles especiales, y cada diseño precisa de aprobación multilateral.

En ellos se transporta el óxido de uranio enriquecido materia prima de los elementos combustibles, los elementos sin irradiar hasta las centrales nucleares y desde las centrales nucleares una vez irradiados, en su viaje de destino a instalaciones de reprocesado o de almacenamiento definitivo.

En ciertos casos se han de utilizar medios de transporte especialmente diseñados, como por ejemplo en el caso del transporte marítimo del combustible irradiado.

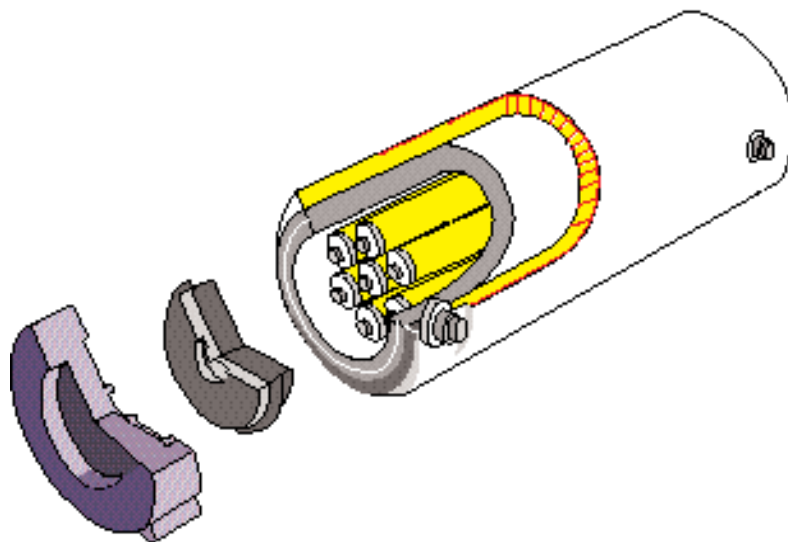
Bultos con hexafluoruro de uranio

Ésta es una sustancia que reacciona con el agua y el vapor de agua del aire para formar un compuesto muy tóxico y corrosivo. En consecuencia, la reglamentación sobre transporte de mercancías peligrosas establece requisitos adicionales a los derivados de su característica radiactiva.

Como material radiactivo, el hexafluoruro de uranio ha de transportarse en embalajes que además de cumplir con los requisitos correspon-

dientes al tipo industrial, A, B o C, deberán demostrar que cumplen una determinada norma industrial (norma ISO-7195) y ensayos específicos tras los que no se debe dar pérdida de contenido.

Además, si el hexafluoruro de uranio cumple las características que lo clasifiquen como fisionable, el bulto deberá ajustarse a los requisitos aplicables a ese tipo de bultos.



Ejemplo de bulto para sustancias fisionables.

Los embalajes se diseñan en función de las condiciones de transporte que se requiere que soporten: rutinarias, normales o de accidente.

Tipo de bulto	Contenidos
Exceptuado	<ul style="list-style-type: none"> - Fracciones de A_1 y A_2 - Instrumentos con dosis muy bajas en superficie - Artículos con U ó Th natural ó U empobrecido - Embalajes vacíos
Industrial	<ul style="list-style-type: none"> - Materiales de Baja Actividad Específica (BAE): BAE-I, BAE-II ó BAE-III - Objetos Contaminados en Superficie (OCS): OCS-I u OCS-II - Dosis máxima a 3 m del material: 10 mSv/h - Según la A_e y la contaminación se precisará un BI-1, BI-2 ó BI-3
Tipo A	<ul style="list-style-type: none"> - Materiales no BAE ni OCS con actividades inferiores a A_1 ó A_2
Tipo B	<ul style="list-style-type: none"> - Materiales con actividades superior a A_1 ó A_2 (*) No contendrán actividades superiores a las autorizadas para el diseño del bulto
Tipo C (sólo transporte aéreo)	<ul style="list-style-type: none"> - $A > 3000 A_1$ ó $100.000 A_2$ (material encapsulado en forma especial) - $A > 3000 A_2$ (resto de materiales) (*) No contendrán actividades superiores a las autorizadas para el diseño del bulto
Fisionable	<ul style="list-style-type: none"> - U-233, U-235, Pu-239 y Pu-241 o sus combinaciones - Se excluye el U natural o empobrecido no irradiado, y el U natural o empobrecido irradiado sólo en reactores térmicos - Según características del material serán además bultos industriales, de tipo A, B, C o con UF_6 (*) No para contenidos diferentes a los autorizados para el diseño del bulto
Hexafluoruro de Uranio (UF_6)	<ul style="list-style-type: none"> 0,1 kg o más de UF_6 (*) No contendrán masas de UF_6 superiores a las autorizadas para el diseño del bulto

Señalización de los bultos de material radiactivo

Las **etiquetas** identifican los bultos que contienen materiales radiactivos, orientan a los transportistas sobre las prácticas para su manipulación y almacenamiento y para controlar la exposición a las radiaciones.




El etiquetado varía en función de los niveles de radiación que se midan en la superficie del bulto y a un metro de ella. Este último valor se tipifica con el término: *índice de transporte (IT)*.

El *índice de transporte* indicado en un bulto nos informa de la intensidad de dosis máxima a un metro de su superficie expresada en mrem/h. Si deseamos expresarlo en $\mu\text{Sv/h}$, únicamente deberemos multiplicarlo por 10.


$$\text{IT} \times 10 = \mu\text{Sv/h}$$

$$\mu\text{Sv} / 10 = \text{IT}$$

Por ejemplo: si el IT es igual a 1, la intensidad de dosis a un metro del bulto es 1 mrem/hora o 10 $\mu\text{Sv/hora}$ o 0,01 mSv/hora.

Índice de transporte (IT)	Nivel de radiación máximo en cualquier punto de la superficie externa. (1 mSv/h = 1.000 $\mu\text{Sv/h}$)	
0 ^a <small>(a) Si el IT no es mayor que 0,05, el IT se considera cero.</small>	Hasta 0,005 mSv/h	 I-BLANCA
Mayor que 0 pero no mayor que 1	Mayor que 0,005 mSv/h pero no mayor que 0,5 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 ^b	Mayor que 2 mSv/h pero no mayor que 10 mSv/h ^b <small>(b) Deberá transportarse también bajo uso exclusivo</small>	

Además, si el bulto contiene sustancias fisionables no exceptuadas, irá etiquetado así:

Etiqueta para el índice de seguridad con respecto a la criticidad (ISC)	
---	---

Etiquetado de bultos radiactivos para su transporte.

Para determinar el IT de un bulto, si medimos la intensidad de dosis en mSv/h a un metro, sólo tendremos que multiplicar esta cantidad por 100. Si obtuviéramos la medida en $\mu\text{Sv}/\text{hora}$ el IT se conseguiría dividiendo por 10. En el caso de contenedores de grandes dimensiones, el valor de IT resultante se ha de multiplicar por factores correctores que define la reglamentación.

Existen tres categorías de bultos según su nivel de radiación en la superficie y su valor de índice de transporte y para cada una se utiliza una etiqueta diferente.

Por tanto, salvo en el caso de los bultos exceptuados que no las precisan, si observamos estas etiquetas, además de conocer la naturaleza del contenido del bulto nos informaremos del riesgo de irradiación externa en sus proximidades.

Así, la etiqueta blanca indica que el riesgo de irradiación es casi nulo ya que a un metro de su superficie el nivel de radiación es prácticamente cero.

El riesgo de un bulto no depende de su tamaño. La única información fiable sobre su riesgo se obtiene de su etiquetado externo.

El color amarillo en la etiqueta informa de que ya se pueden recibir ciertas dosis al manipular o estar próximo al bulto. Para reducir las dosis al máximo posible la manipulación de estos bultos debe hacerse en el tiempo imprescindible. Asimismo, las dosis disminuyen al aumentar la distancia a las zonas de almacenamiento de bultos con etiqueta amarilla.

El incremento de las barras rojas en la etiqueta supone un aumento del nivel de radiación en el exterior del bulto y por tanto informa de que las precauciones deben acrecentarse para reducir las dosis que se reciban.

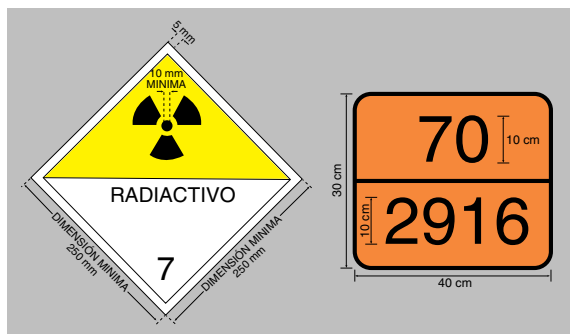


Los bultos no exceptuados que contienen material radiactivo se distinguen fácilmente de otros bultos por las etiquetas específicas que los identifican.

Además de ese etiquetado, los bultos con material fisionable han de llevar otra etiqueta que informa de su riesgo adicional, a través del denominado Índice de Seguridad con respecto a la Criticidad (ISC). Este índice es un número que se utiliza para controlar la acumulación de bultos con este tipo de material en los vehículos y en las zonas de almacenamiento.

También en el exterior de todos los bultos debe existir un **marcado**. Además de informar sobre el remitente o el destinatario o sobre ambos, incluirá el número de las Naciones Unidas precedido de las letras UN y la denominación de la materia.

Otras marcas son el peso bruto (si es mayor de 50 kg), el tipo de bulto (salvo los exceptuados)



Para reducir las dosis al máximo, la manipulación de los bultos debe hacerse en el menor tiempo posible y manteniendo la distancia imprescindible de los almacenamientos de bultos con etiquetas amarillas.

o la marca de identificación asignada al diseño del bulto por la autoridad competente, en caso de precisar aprobación previa.

Además, en los vehículos, vagones de ferrocarril, contenedores y cisternas se dispondrán rótulos que indican la presencia de material radiactivo. Las dimensiones estándar de 250 mm de lado de estos rótulos pueden reducirse hasta los 100 mm en el caso de que los vehículos no dispongan de suficiente espacio.

Los vehículos que transportan bultos no exceptuados por carretera dispondrán de dos rótulos, paneles naranjas, indicativos del transporte de mercancías peligrosas, colocados delante y detrás del vehículo.

Marca	Tipo de bulto					
	Exceptuado	Industrial	Tipo A	Tipo B	Tipo C	Fisionables
Expendidor y/o destinatario	•	•	•	•	•	•
N° UN	•	•	•	•	•	•
Descripción de la materia según UN		•	•	•	•	•
Tipo de bulto		•	•	•	•	•
Código del país de origen del diseño		(salvo BI-1)	•	•	•	•
Nombre del fabricante u otra identificación definida por la autoridad competente		(salvo BI-1)	•	•	•	•
Peso bruto admisible si es mayor de 50 Kg	•	•	•	•	•	•
Marca de identificación dada en el certificado de aprobación				•	•	•
Número de serie				•	•	•
Trébol ☸				•	•	•

Marcado de bultos.

Número UN	Designación oficial de transporte
2910	MATERIALES RADIACTIVOS, BULTOS EXCEPTUADOS - CANTIDADES LIMITADAS DE MATERIALES
2911	MATERIALES RADIACTIVOS, BULTOS EXCEPTUADOS - INSTRUMENTOS O ARTÍCULOS
2909	MATERIALES RADIACTIVOS, BULTOS EXCEPTUADOS - ARTÍCULOS MANUFACTURADOS DE URANIO NATURAL O URANIO EMPOBRECIDO O TORIO NATURAL
2908	MATERIALES RADIACTIVOS, BULTO EXCEPTUADOS - EMBALAJES VACÍOS
2912	MATERIALES RADIACTIVOS, BAJA ACTIVIDAD ESPECÍFICA (LSA-I) (BAE-I) no fisionables o fisionables exceptuados
3321	MATERIALES RADIACTIVOS, BAJA ACTIVIDAD ESPECÍFICA (LSA-II) (BAE-II) no fisionables o fisionables exceptuados
3322	MATERIALES RADIACTIVOS, BAJA ACTIVIDAD ESPECÍFICA (LSA-III) (BAE-III) no fisionables o fisionables exceptuados
2913	MATERIALES RADIACTIVOS, OBJETOS CONTAMINADOS EN LA SUPERFICIE (SCO-I (OCS-I) O SCO-II (OCS-II)), no fisionables o fisionables exceptuados
2915	MATERIALES RADIACTIVOS, BULTOS DEL TIPO A, no en forma especial, no fisionables o fisionables exceptuados
3332	MATERIALES RADIACTIVOS, BULTOS DEL TIPO A, EN FORMA ESPECIAL, no fisionables o fisionables exceptuados
2916	MATERIALES RADIACTIVOS, BULTOS DEL TIPO B(U), no fisionables o fisionables exceptuados
2917	MATERIALES RADIACTIVOS, BULTOS DEL TIPO B(M), no fisionables o fisionables exceptuados
3323	MATERIALES RADIACTIVOS, BULTO DEL TIPO C, no fisionables o fisionables exceptuados
2919	MATERIALES RADIACTIVOS TRANSPORTADOS BAJO AUTORIZACIÓN ESPECIAL, no fisionables o fisionables exceptuados
2978	MATERIALES RADIACTIVOS, HEXAFLUORURO DE URANIO - no fisionable o fisionable exceptuado
3324	MATERIALES RADIACTIVOS, BAJA ACTIVIDAD ESPECÍFICA (LSA-II) (BAE-II), FISIONABLES
3325	MATERIALES RADIACTIVOS, BAJA ACTIVIDAD ESPECÍFICA (LSA-III) (BAE-III), FISIONABLES
3326	MATERIALES RADIACTIVOS, OBJETOS CONTAMINADOS EN LA SUPERFICIE (SCO-I (OCS-I) O SCO-II (OCS-II)), FISIONABLES
3327	MATERIALES RADIACTIVOS, BULTOS DEL TIPO A, FISIONABLES, no en forma especial
3333	MATERIALES RADIACTIVOS, BULTOS DEL TIPO A, EN FORMA ESPECIAL, FISIONABLES
3328	MATERIALES RADIACTIVOS, BULTOS DEL TIPO B(U), FISIONABLES
3329	MATERIALES RADIACTIVOS, BULTOS DEL TIPO B(M), FISIONABLES
3330	MATERIALES RADIACTIVOS, BULTOS DEL TIPO C, FISIONABLES
3331	MATERIALES RADIACTIVOS TRANSPORTADOS BAJO AUTORIZACIÓN ESPECIAL, FISIONABLES
2977	MATERIALES RADIACTIVOS, HEXAFLUORURO DE URANIO, FISIONABLE

Lista de números de las Naciones Unidas (números UN).

Información que acompaña las expediciones de bultos radiactivos

Además de la correcta preparación del bulto y de su señalización, otra de las responsabilidades fundamentales del remitente es la confección de la documentación de acompañamiento de las remesas de material radiactivo. Esta documentación será entregada a los transportistas y les servirá de información, así como para el personal de los servicios de emergencia, en caso de producirse un accidente.

En la documentación de acompañamiento se incluirá:

- Detalles sobre la remesa. Fundamentalmente deben contemplar:
 - *Nombre de la expedición o identificación de la materia*, que describe el contenido de una forma general.
 - *Número de clasificación según el riesgo*, el 7 es el número asignado por la ONU a los materiales radiactivos.
 - *Número de las Naciones Unidas (UN) asignado al material*.
 - *Radionucléidos* contenidos en el bulto y su *actividad máxima* durante el transporte.

- *Forma físico-química* del contenido radiactivo o bien una declaración de que el contenido es material en forma especial.

- *Categoría* del bulto e *Índice de transporte*.

- *Índice de seguridad con respecto a la criticidad*, si son materiales fisiónables.

- *Marca de identificación de los certificados de aprobación* emitidos por la autoridad competente para los bultos, los materiales, o las expediciones, si fueran necesarios.

- Declaración del remitente, en cuanto a que ha dado cumplimiento a lo requerido por la reglamentación.
- Medidas especiales a adoptar por los transportistas.
- Instrucciones de emergencia. Para el desarrollo de las instrucciones de emergencia puede seguirse la Guía de Seguridad 6.3.



Requisitos de aprobación y notificación

Estos requisitos tienen una relación directa con los riesgos del contenido de los bultos. Así, los que llevan más actividad de material radiactivo (tipo B y tipo C) y los que tienen el riesgo de la criticidad (bultos con material fisionable) precisan de la aprobación del diseño por la autoridad competente, mientras que los que tienen un contenido de bajo riesgo (exceptuados, industriales y tipo A) no precisan de esa aprobación. No obstante, para estos, siempre que la autoridad competente lo requiera, el remitente deberá demostrar que cumplen todos los requisitos que les impone la reglamentación.

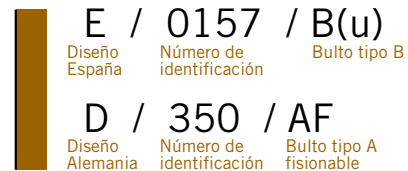
Puesto que el 90% de los que se transportan son exceptuados o del tipo A, se concluye que la mayoría de los movimientos de material radiactivo se hacen en bultos que no precisan disponer de un certificado de aprobación, ya que su riesgo es limitado.

Sólo requiere autorización específica o notificación previa una pequeña fracción de los transportes de materiales radiactivos que se efectúan.

Alrededor del 90% de los bultos que se transportan no precisan de aprobación previa del diseño considerando el bajo riesgo de su contenido radiactivo.

Por otra parte, dentro de los que precisan de aprobación, la mayoría sólo la requieren del país de origen del diseño, se trata de los tipo B(U) y de los tipo C. Los de material fisionable, sin embargo, requieren la aprobación multilateral, es decir de todos los países de tránsito.

Las aprobaciones identifican los diseños de bulto con marcas específicas que informan del país de origen del diseño y del tipo de bulto.



Marcas de aprobación.

También, el diseño de los materiales calificados como encapsulados en forma especial o de baja dispersión precisan de aprobación; unilateral en el primer caso y multilateral en el segundo.

La seguridad ha de basarse en el diseño del embalaje y no en el control sobre cada transporte. Por ello, la inmensa mayoría de las expediciones no precisan de una autorización previa y ni siquiera de notificación. Sólo algunos transportes de material fisionable precisarán de esa autorización y sólo los bultos B(U) y C que superen una determinada actividad de material radiactivo y los B(M), precisarán de la notificación previa a la autoridad competente.

Las autorizaciones de transportes y las aprobaciones de diseño de bultos y de materiales se conceden por el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, previo informe preceptivo del Consejo de Seguridad Nuclear.

Para facilitar la elaboración de la documentación a presentar, el CSN ha aprobado la Guía de Seguridad 6.4.



Régimen de aprobaciones y notificaciones

Tipo de bulto	Aprobación de bulto	Autorización de expedición	Notificación previa de la expedición
Exceptuado	No	No	No
Industrial	No	No	No
Tipo A	No	No	No
Tipo B(U)	Sí (unilateral) Si lleva MBD: multilateral ⁽¹⁾	No	Si la A > valor prefijado
Tipo B(M)	Sí (multilateral)	Si la A > valor prefijado	Sí
Tipo C	Sí (unilateral)	No	Si la A > valor prefijado ⁽⁴⁾
Fisionable	Sí (multilateral)	Si $\sum \text{ISC} > 50$ ⁽²⁾	Según tipo de bulto
UF ₆ ($\geq 0,1\text{kg}$) ⁽³⁾	Sí (unilateral)	No	Según tipo de bulto

(1) MBD: Material calificado como de baja dispersión. Su diseño está sujeto a aprobación multilateral.

(2) ISC: Índice de seguridad con respecto a la criticidad $\sum \text{ISC}$ en un vehículo

(3) UF₆ (hexafluoruro de uranio). Si debido al enriquecimiento del uranio se tratara de material fisionable, deberían cumplirse los requisitos de ese tipo de bultos.

(4) A > 3.000 ó 100.000 A₂ para material encapsulado en forma especial, A > 3.000 A₂ para el resto de los materiales

Pruebas de seguridad y ensayos de los bultos

Salvo en el caso de los bultos exceptuados e industriales tipo 1, el resto de tipos de bulto deben ser sometidos a algún tipo de ensayo. Los requisitos de estos ensayos son más severos a medida que aumentan los riesgos del contenido del bulto y las exigencias de las condiciones de transporte que han de soportar.

Los ensayos se llevan a cabo sobre un prototipo que ha sido sometido a unas verificaciones previas para comprobar que se ajusta a las especificaciones de diseño y que carece de defectos de fabricación o deterioros. Una vez efectuada la prueba se analiza el estado del bulto y se comprueba si se han superado los criterios de aceptación definidos por la reglamentación.

Hay ensayos que simulan condiciones normales de transporte, que incluyen incidencias como pequeñas caídas o golpes, apilamientos, lluvia sobre el bulto, etc. Son los que deben superar los bultos industriales 2 y 3 y los del tipo A.

Otros más severos representan accidentes graves de tipo mecánico (caídas desde gran altura, perforaciones, aplastamientos), de tipo térmico (incendios) y de estanqueidad (inersiones en agua). A estos ensayos, además de a los de condiciones normales, son sometidos los bultos tipo B.

Los bultos tipo C deben superar ensayos mecánicos, térmicos y de inmersión aún más severos que los bultos tipo B, pues simulan accidentes aéreos graves.

Ensayos de condiciones normales



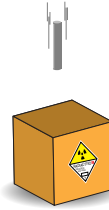
Aspersión: con agua durante una hora



Caída: desde 0,3 a 1,2 m sobre superficie indeformable

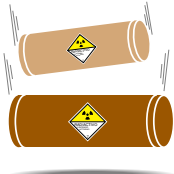


Apilamiento: 5 veces el peso del bulto durante 24 horas



Penetración: caída de barra de 6 kg desde 1 metro

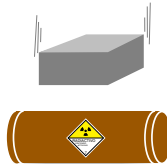
Condiciones de accidente



Caída: desde 9 m sobre superficie indeformable



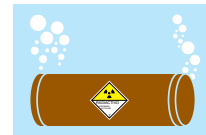
Perforación: caída desde 1 metro sobre una barra



Aplastamiento: caída de plancha de 500 kg desde 9 m (para bultos de peso y densidad bajos)



Térmico: fuego a 800°C durante 30 minutos

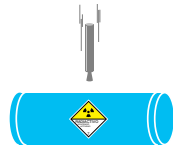


Inmersión: entre 15 y 200 metros de profundidad

Condiciones de accidente aéreo



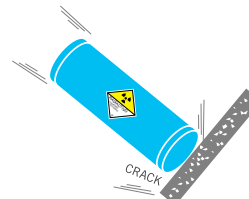
Perforación: caída desde 3 m sobre una barra (peso del bulto \geq 250 kg)



Desgarramiento: caída de barra de 250 kg desde 3 m (peso del bulto $<$ 250 kg)



Térmico: fuego a 800°C durante 60 minutos



Impacto: choque sobre blanco indeformable a 90 m/s



Inmersión reforzada: a 200 metros de profundidad

Los bultos para materiales fisionables, independientemente de su tipo, deberán ser sometidos a los ensayos que simulan las condiciones de accidente severo (como los bultos tipo B) para demostrar que tras ellos se mantienen las condiciones de subcriticidad. Y si se pretendiera aprobar estos bultos para el transporte por vía aérea las condiciones de subcriticidad deberían demostrarse tras ser sometidos a los ensayos definidos para los bultos tipo C, que consideran el accidente aéreo.

Los bultos para hexafluoruro de uranio, además de cumplir con los requisitos correspondientes a los tipos para transportar material radiactivo (A, industrial, B o C), deberán demostrar que superan un ensayo hidráulico, el ensayo de caída de condiciones normales sin que haya pérdida de contenido y el térmico, que simula el accidente de fuego, sin que se produzca la rotura del sistema de contención. Además, si por sus características se clasificara como sustancia fisionable, deberá cumplir los requisitos aplicables a estos bultos.

Las pruebas establecidas simulan la realidad con suficiente margen de seguridad; por ejemplo, para causar un daño semejante al producido en una prueba de caída libre desde 9 metros de altura (ensayo definido para un bulto B) debería producirse un accidente real con una

velocidad de impacto de entre 65 y 120 km/h si el impacto se produce contra un material relativamente duro (roca, hormigón) y de entre 100 y 300 km/h, si el impacto se produce contra un material más blando (suelo, agua, estructuras de vehículos).

Aunque no son exigidas por la reglamentación, en alguna ocasión se han realizado, con resultados satisfactorios, pruebas de una gran severidad para analizar el comportamiento de determinados embalajes, normalmente de aquellos que transportan el material de mayor riesgo, el combustible irradiado. Así, se han lanzado camiones y vagones de ferrocarril, que portaban contenedores, contra barreras de hormigón macizo a velocidades de impacto de entre 100 y 130 km/h o incluso se han hecho chocar contra los contenedores locomotoras pesadas que se desplazaban a velocidades de entre 130 y 165 km/h.

Por otra parte, muchos bultos industriales y de tipo A que han estado involucrados en accidentes reales no han perdido el contenido, a pesar de que la reglamentación no exige, sobre la base de su riesgo limitado, que su diseño supere condiciones de accidente.

Las pruebas establecidas simulan la realidad con suficiente margen de seguridad.

Requisitos de diseño y ensayo para bultos de transporte de material radiactivo

Requisitos	Bultos exceptuados	Bultos industriales			Bultos tipo A	Bultos tipo B	Bultos tipo C
		BI-1	BI-2	BI-3			
Generales	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Adicionales para el transporte aéreo (condiciones de temperatura y presión)	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Ensayos de condiciones normales							
- Caída libre			SI	SI	SI	SI	SI
- Apilamiento			SI	SI	SI	SI	SI
- Aspersión				SI	SI	SI	SI
- Penetración				SI	SI	SI	SI
- Caída libre reforzada (contenido líquido o gaseoso)					SI		
- Penetración reforzada (contenido líquido o gaseoso)					SI		
Ensayos de condiciones de accidente							
- Caída						SI	SI
- Perforación						SI	
- Aplastamiento						SI (1)	SI
- Térmico						SI	
- Inmersión						SI	
- Inmersión reforzada						SI (2)	SI
Ensayos de condiciones de accidente aéreo							
- Perforación							SI (3)
- Desgarramiento							SI (4)
- Térmico reforzado							SI
- Impacto							SI

(1) Para bultos livianos y de baja densidad y con un contenido inferior a una determinada actividad y que no estén encapsulados en forma especial.

(2) Aplicable a bultos B cuyo contenido supere una determinada actividad.

(3) Aplicable a bultos C con masa igual o mayor a 250 kg.

(4) Aplicable a bultos C de menos de 250 kg.

Los **bultos de sustancias fisiónables** además de cumplir con los requisitos correspondientes al tipo por transportar material radiactivo (A, industrial, B ó C), deberán demostrar que mantienen la subcriticidad una vez son sometidos a los ensayos de condiciones normales y de accidente (éstos serán los de accidente aéreo si se pretende transportar los bultos por esa vía). Además se define un ensayo específico de infiltración de agua para estos bultos, tras los ensayos que simulan condiciones de accidente.

Los **bultos de hexafluoruro de uranio** además de cumplir con los requisitos correspondientes al tipo (A, industrial, B o C), deberán superar un ensayo hidráulico, el ensayo de caída de condiciones normales sin que haya pérdida de contenido y el térmico sin que se produzca la rotura del sistema de contención.

Control de los transportes de materiales radiactivos en España

La regulación del transporte de material radiactivo se incluye dentro de reglamentaciones generales que se aplican a todas las mercancías peligrosas. El material radiactivo es una más de esas mercancías y se la identifica como *clase 7*, dentro de un total de nueve clases.

Hay una reglamentación para cada modo de transporte: carretera, ferrocarril, aéreo y marítimo. Los reglamentos aplicables son los siguientes:

Modo carretera

- Real Decreto sobre transporte de mercancías peligrosas por carretera. Entre otras cuestiones define normas de circulación, formación de conductores, actuación en accidente o avería, aprobación de vehículos y el régimen sancionador. Sin embargo, para la mayor parte de los requisitos remite al cumplimiento del reglamento internacional ADR.
- ADR: Acuerdo Europeo para el Transporte de Mercancías Peligrosas por Carretera.

Modo ferrocarril

- Real Decreto sobre transporte de mercancías peligrosas por ferrocarril. Para la mayor parte de los requisitos remite al cumplimiento del reglamento internacional RID.
- RID: Reglamento Internacional sobre el Transporte de Mercancías Peligrosas por Ferrocarril.

Modo aéreo

- Reglamento nacional de transporte de mercancías peligrosas por vía aérea. Para la mayor parte de los requisitos remite al cumplimiento de las Instrucciones Técnicas de la Organización Internacional de Aviación Civil (OACI).

Modo marítimo

- Código marítimo internacional de mercancías peligrosas (Código IMDG), publicado por la Organización Marítima Internacional (OMI).
- Reglamento Nacional de Admisión, Manipulación y Almacenamiento de Mercancías Peligrosas en los Puertos.

La reglamentación española se basa directamente en la de ámbito internacional.

Los remitentes y transportistas han de disponer de programas de protección radiológica, de programas de garantía de calidad y de un consejero de seguridad.

Además:

- El artículo 78 del Real Decreto 35/2008, de 18 de enero, por el que se modifica el Reglamento sobre Instalaciones Nucleares y Radiactivas establece que las empresas transportistas deben registrarse en la Dirección General de Política Energética y Minas.
- Como actividad que implica exposición a las radiaciones ionizantes, al transporte de material radiactivo también se le aplican todos los preceptos definidos en el Real Decreto 783/2001, de 6 de julio, por el que se aprueba el Reglamento sobre Protección Sanitaria contra las Radiaciones Ionizantes. Además, la reglamentación de transporte exige que las empresas remitentes y los transportistas dispongan de un programa de protección radiológica, que ha de recoger las cuestiones básicas de la protección radiológica de sus trabajadores. Para el desarrollo del *Programa de protección radiológica* se ha elaborado la Guía de Seguridad del CSN 6.2.



- De acuerdo a los reglamentos de transporte, todas las empresas que desarrollan alguna actividad relacionada con el transporte de material radiactivo: diseñadores o fabricantes de embalajes, remitentes y transportistas, deben disponer de programas de garantía de calidad, que aseguren el seguimiento de los requisitos establecidos en la reglamentación de transporte. Para el desarrollo del *Programa de garantía de calidad* se ha elaborado la Guía de Seguridad del CSN 6.1.



- El Real Decreto 1566/1999 requiere que las empresas que expidan y transporten mercancías peligrosas por carretera y por ferrocarril deben disponer de un consejo de seguridad.
- El Reglamento de Cobertura de Riesgos Nucleares, aprobado por el Decreto 2177/1967, desarrolla los preceptos sobre responsabilidad civil para hacer frente a los posibles daños nucleares.

El Consejo de Seguridad Nuclear

El Consejo de Seguridad Nuclear es un organismo independiente de la Administración central del Estado, que tiene como fin primordial velar por la seguridad nuclear y la protección radiológica de las personas y del medio ambiente.

Sus funciones son las de evaluación y control de la seguridad de las instalaciones, en todas y en cada una de las etapas de la vida de las mismas (diseño, construcción, pruebas, operación y clausura), así como la evaluación de la seguridad de los transportes. También controla y vigila los niveles de radiactividad, dentro y fuera de las instalaciones, y vela por la protección radiológica de las personas y el medio ambiente.

El Consejo es un órgano colegiado, integrado por cinco miembros (presidente y cuatro consejeros) propuestos por el Gobierno y refrendados por el Congreso de los Diputados. En total, el CSN cuenta con una plantilla de más de 450

trabajadores, con un 62,12% de personal técnico de alta cualificación, especializados en seguridad nuclear y protección radiológica.

El Consejo está capacitado para suspender la construcción o el funcionamiento de las instalaciones por razones de seguridad. Concede licencias para las personas responsables de la operación de las instalaciones, estudia la influencia de las mismas en el medio ambiente y establece los límites y condiciones para su funcionamiento, de forma que éste no suponga un impacto radiológico inaceptable para las personas o el medio ambiente.

Mantiene informada a la opinión pública sobre temas de su competencia. Asimismo informa, anualmente, de sus actuaciones al Congreso de los Diputados, al Senado y a los parlamentos de aquellas comunidades autónomas en cuyo territorio estén radicadas instalaciones nucleares, elaborando un informe anual sobre el desarrollo de sus actividades que recibe una amplia difusión.