

Densidad en obra de pavimentos bituminosos por el método nuclear

1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACION

1.1 Esta norma describe el procedimiento de ensayo que debe seguirse para determinar en obra la densidad del pavimento bituminoso mediante atenuación de radiación gamma. En la norma se especifican dos modos operativos: a) la fuente y el detector de la radiación se sitúan sobre la superficie del pavimento (método de retrodispersión), y b) la fuente o el detector se sitúa a una profundidad conocida de hasta 300 mm, mientras que el detector o la fuente permanece sobre el pavimento (método de transmisión directa).

1.2 La densidad, en masa por unidad de volumen del material que se ensaya, se determina por comparación entre la proporción de radiación gamma detectada y los datos de calibración previamente establecidos.

1.3 El método que se refiere se utiliza como una técnica rápida y no destructiva para la determinación en obra de la densidad de los pavimentos compactados y, con una calibración apropiada, es adecuado para los ensayos de control de calidad y de aceptación de la unidad de obra.

1.4 También se puede utilizar este método para establecer una pauta o modelo, durante el proceso de compactación, en la consecución de la densidad requerida. La naturaleza no destructiva del ensayo permite la realización de medidas repetidas en un mismo punto entre las pasadas de los compactadores, controlando así la evolución en la densidad.

1.5 Los resultados de la densidad determinados con este método son relativos; es necesario, pues, definir una correlación con otros métodos de ensayo, tales como los que se refieren en la norma NLT-168, para convertir los resultados obtenidos en el método nuclear en densidades efectivas. Para el cálculo del factor de conversión, se recomienda la determinación de la densidad media de al menos siete testigos, extraídos y ensayados de acuerdo con las normas NLT-314 y NLT-168, respectivamente, y la obtención de otros siete valores de densidad nuclear, realizados en una sección del pavimento de la mezcla bituminosa en estudio. Si se produce un

cambio en la fórmula de trabajo de la mezcla, o en el suministro de materiales o se sustituye el aparato nuclear en uso por otro, o se sospecha de la idoneidad del factor que se aplica, se determinará y prescribirá un nuevo factor.

2 INTERFERENCIAS

2.1 La composición química del material que se ensaya puede afectar significativamente a las mediciones, siendo entonces necesario efectuar los ajustes pertinentes. Ciertos elementos con números atómicos por encima de 20 pueden causar valores erróneamente elevados.

2.2 El método de ensayo muestra sesgos espaciales, puesto que el instrumento es más sensible a la cualidad densidad del material más próximo a la fuente de radiación.

2.3 Si el material de la capa subyacente a la que se estudia, varía en espesor, composición mineral o grado de compactación o consolidación en diferentes tramos del pavimento, será necesario el uso de un factor de corrección al efecto (ver Anexo A3).

2.4 La rugosidad superficial del material que se ensaya puede producir valores de densidad más bajos que los reales.

2.5 Las partículas de árido con tamaños mayores situadas en la trayectoria fuente-detector pueden producir valores más altos de la densidad que los reales.

2.6 El volumen de muestra de mezcla bituminosa implicada en el ensayo es aproximadamente 0,0028 m³ con geometría de retrodispersión y de 0,0056 m³ en geometría de transmisión directa. El volumen efectivo de muestra varía con el tipo de aparato y con la densidad del material. En general, a mayor densidad menor volumen (Nota 1).

Nota 1. El volumen de material en obra representado por un solo ensayo se puede incrementar efectivamente repitiendo el ensayo en puntos adyacentes y promediando los resultados.

2.7 Si la toma de muestras del material es con el fin de determinar la correlación con otros métodos

de ensayo, tales como los referidos en la norma NLT-168, el volumen a tener en cuenta puede ser aproximadamente el de un cilindro de 200 mm de diámetro, localizado directamente debajo de la línea centrada entre la fuente radiactiva y el detector. La altura del cilindro a extraer será igual a la profundidad de colocación de la varilla con la fuente radiactiva en el caso de transmisión directa, o de aproximadamente 75 mm en el caso de retrodispersión (Nota 2).

Nota 2. Si la capa de mezcla bituminosa compactada tiene un espesor menor que la profundidad de medida del instrumento, y debido a la influencia de la densidad de la capa subyacente, se harán las enmiendas apropiadas en las medidas con el fin de obtener resultados correctos (ver Anexo A3).

3 APARATOS Y MATERIAL NECESARIOS

3.1 Dispositivo nuclear. Un instrumento preparado para detectar y registrar radiaciones ionizantes y que se pueda asentar sobre la superficie del pavimento bituminoso a ensayar. El instrumento estará constituido por:

3.1.1 Fuente de radiación gamma. Una fuente gamma de alta energía, sellada, tal como cesio o radio, y

3.1.2 Detector gamma. Cualquier tipo de detector gamma tal como tubo(s) Geiger-Müller.

3.2 Estándar de referencia. Un bloque de material denso para utilizarlo en la comprobación del instrumento y para definir las condiciones de una cuenta de referencia (cuantía unitaria de ionización registrada) reproducible.

3.3 Utensilios para el acondicionamiento del sitio de ensayo. Una placa metálica de borde afilado u otro útil adecuado para nivelar el lugar de ensayo a la lisura requerida utilizando una arena fina u otro material similar.

3.4 Barra perforadora. Una pieza de acero, cilíndrica, de diámetro un poco mayor que el de la varilla del dispositivo para transmisión directa, con la que se pueda hacer un agujero perpendicular a la superficie del pavimento a ensayar, en cuyo agujero se insertará la varilla con la fuente radiactiva. Se puede también utilizar un taladro.

4 SEGURIDAD E HIGIENE

4.1 En el método de ensayo que se describe en esta norma están implicados materiales radiactivos que pueden ser perjudiciales para la salud de los usuarios a menos que se tomen las precauciones adecuadas. Los usuarios del equipo deben conocer y

cumplir las normas de seguridad e higiene y las disposiciones legales vigentes al respecto (Nota 3) (ver Anexo B).

Nota 3. La adquisición, transporte, utilización, almacenamiento, destrucción o inutilización de materiales radiactivos están regulados por normativa legal, cuyo conocimiento y cumplimiento es responsabilidad del usuario así como la de proveer las medidas de seguridad apropiadas durante la utilización, transporte y almacenamiento del material radiactivo. No es objeto de esta norma referir los problemas de seguridad asociados con su utilización.

4.2 Se recomienda que como una parte del manual de instrucciones, se incluyan las correspondientes a los procedimientos de seguridad rutinarios, tales como la comprobación de la estanqueidad de la fuente radiactiva, la evaluación de dosis radiactivas con película dosimétrica personal u otro tipo de dosímetro, etc.

5 CALIBRACION

5.1 El calibrado del instrumento se realiza de conformidad con lo referido en el Anexo A1, por lo menos una vez al año. Se ajustan los datos de calibración, si es necesario, de acuerdo con el Anexo A2.

6 ESTANDARIZACION Y VERIFICACION DE LA REFERENCIA

6.1 Los dispositivos nucleares para ensayos están sujetos a un envejecimiento, a largo plazo, de la fuente radiactiva, detectores y sistemas electrónicos, que pueden alterar la relación entre las reacciones de ionización registradas, velocidad de cuenta (count rate) en el instrumento y la densidad del material. Para compensar este envejecimiento, el aparato se estandariza por medio de una relación entre la medida de la radiación ionizante, velocidad de cuenta medida (measured count rate) obtenida con la muestra de ensayo, y la medida de la radiación ionizante obtenida con el estándar de referencia, velocidad de cuenta estándar (reference count rate). La medida obtenida con el estándar de referencia debe ser del mismo orden de magnitud que la medida obtenida en el ensayo, dentro del rango de densidades útil del aparato.

6.2 La estandarización del equipo se realiza al comienzo de cada jornada de trabajo y los datos obtenidos se llevan a un registro permanente.

6.2.1 El proceso de estandarización se efectúa con el aparato situado a no menos de 8 m de cualquier otra fuente radiactiva, masa importante u objeto de cualquier índole que pueda afectar a la medida de la velocidad de cuenta de referencia.

6.2.2 Se pone en funcionamiento el aparato con antelación a efectuar la estandarización para permitir que se establezca. Se siguen las instrucciones del fabricante en orden a conseguir los resultados más estables y consistentes.

6.2.3 Se obtienen al menos cuatro lecturas repetidas con el período de tiempo normal de medición, utilizando el estándar de referencia, y se calcula el valor medio. Si el aparato lo permite, un período de medida cuatro o más veces mayor que el normal es oportuno.

6.2.4 Si el valor obtenido en 6.2.3 está dentro de los límites que más abajo se especifican, se considera que el aparato funciona satisfactoriamente y que tal valor se puede utilizar para determinar la razón de cuentas (count ratios) a utilizar durante el día. Si el valor obtenido está fuera de los límites, se deja un tiempo adicional para que el aparato se estabilice y se comprueba la existencia o no en el entorno de fuentes de interferencia. Se realiza otra prueba de estandarización. Si en la segunda prueba el valor obtenido está dentro de los límites, se puede utilizar el aparato, pero si aquél queda fuera de tales límites el aparato se debe ajustar o reparar, tal como aconseje el fabricante. Los límites son:

$$|N_s - N_0| \leq 2,0 \sqrt{\frac{N_0}{F}}$$

donde

N_s = valor actual de la cuenta de estandarización.

N_0 = valor medio de los últimos cuatro valores de N_s , previamente obtenidos.

F = valor de cualquier divisor de la pre-escala.

Nota 4. La cuenta por períodos de medición será el número total de radiaciones gamma detectado durante tales períodos de tiempo. El valor que se lee en la pantalla del aparato, se debe corregir si éste tiene incorporado algún tipo de pre-escala. Este valor, F , es un divisor que reduce el valor actual antes de mostrarlo en pantalla. El fabricante del aparato informará de este divisor si es distinto de 1,0.

6.3 El valor de N_s se utiliza para determinar la razón de cuentas a considerar en la jornada de trabajo del instrumento. Si por cualquier circunstancia los valores obtenidos de la densidad a lo largo del día se tornan sospechosos, se efectúa una nueva estandarización del aparato.

7 PROCEDIMIENTO

7.1 Con el fin de proporcionar unos resultados más estables y consistentes: (1) Se pone en funcionamiento el instrumento antes de realizar cualquier

medida, para que se establezcan sus circuitos electrónicos, y (2) se deja conectada la alimentación eléctrica durante toda la jornada de trabajo.

7.2 Se efectúa la estandarización del aparato, según 6.

7.3 Se eligen las áreas para ensayo de acuerdo con las prescripciones al respecto o si no está especificado, se sigue un método aleatorio para determinar las mismas. Si el instrumento se sitúa a una distancia menor de 0,250 m de cualquier masa vertical que puede influir en el resultado, se aplica el procedimiento de corrección proporcionado por el fabricante al respecto.

7.4 Es fundamental el máximo contacto entre la base del instrumento y la superficie del material a ensayar. El hueco de mayor tamaño no excederá de 6 mm. Se utilizan finos nativos o arena fina para rellenar los huecos y nivelar la superficie con el útil nivelador.

7.5 Si se va a ensayar con geometría de transmisión directa, se limpia la zona de ensayo y se perfora hasta una profundidad de al menos 25 mm mayor que la profundidad de medida prevista.

Nota 5. Se extremará el cuidado al practicar el agujero en la mezcla bituminosa compactada para no producir perturbaciones del material que serían causa de error en las mediciones. Es preferible el uso de un taladro.

7.6 Se sitúa la fuente radiactiva en posición apropiada. Si se ensaya en transmisión directa, se desplaza el instrumento de forma tal que la varilla con la fuente radiactiva quede en íntimo contacto con la superficie de la perforación más próxima al detector.

7.7 Se efectúa una medición y lectura durante el período de tiempo normal. Si se realizan las medidas con la geometría de retrodisposición y con técnica de espacio de aire (air-gap), se toma una medida adicional en esta posición tal como recomienda el fabricante (ver nota 2).

7.8 Se determina la razón de lectura con respecto a la registrada con el estándar o con geometría de espacio de aire. Con el valor de esta razón y los datos de calibración y de ajuste, se calcula la densidad en obra (notas 6 y 7).

Nota 6. Algunos instrumentos tienen incorporado un sistema para calcular automáticamente la razón, la densidad aparente y ajustar las desviaciones o sesgos producidos.

Nota 7. Si el espesor de la capa bituminosa que se ensaya es menor que la profundidad de medición del instrumento, hay que corregir el valor obtenido en 7.8 (ver Anexo A-3).

Nota 8. No se debe dejar el instrumento en una superficie caliente durante periodos de tiempo largos. Las temperaturas elevadas pueden afectar adversamente los circuitos electrónicos del instrumento. Se debe dejar enfriar el instrumento entre periodos de mediciones.

8 RESULTADOS

8.1 Se calcula la densidad en obra, utilizando la tabla, gráfico o ecuación de calibración, los coeficientes, o la lectura directa del instrumento y haciendo los ajustes o correcciones necesarios. Esta será la densidad aparente de la capa de mezcla bituminosa ensayada.

8.2 Se puede calcular un ajuste para las desviaciones, comparando los resultados de varias mediciones realizadas con el instrumento, con los resultados de densidad obtenidos siguiendo la norma NLT-168.

8.3 Para determinar la aceptabilidad del grado de compactación alcanzado en obra, se comparan los resultados de densidad obtenidos en el ensayo con aquellos obtenidos con muestras compactadas según norma, NLT-159.

9 INFORME

9.1 En el informe, junto con los resultados de densidad, se incluirá lo siguiente:

9.1.1 Marca, modelo y número de serie del aparato de ensayo utilizado.

9.1.2 Fecha y procedencia de los datos de calibración.

9.1.3 Fecha de ensayo.

9.1.4 El valor de la cuenta estándar del día de ensayo.

9.1.5 Descripción del lugar de ensayo, incluyendo la denominación de la obra y el tipo(s) de mezcla.

9.1.6 Espesor de la capa bituminosa ensayada y ajustes, si es el caso, realizados para corregir desviaciones por esta causa.

9.1.7 Procedimiento de medición (retrodispersión o transmisión directa), profundidad, velocidad de cuenta, densidad calculada de cada medición y cualquier dato de ajuste o corrección.

9.1.8 Si se ha requerido, el porcentaje de compactación.

10 PRECISION Y EXACTITUD

10.1 Para un material con una densidad de unos 2.250 kg/m³ la precisión en las mediciones (lectura)

es de ± 10 kg/m³ en retrodispersión y de ± 5 kg/m³ en transmisión directa, con tiempos de medida de un minuto. Esto sólo es aplicable a un mismo instrumento y lugar o punto de ensayo.

10.2 La precisión en las mediciones se define como el cambio de densidad que ocurre, correspondiente al cambio de una desviación estándar (típica), en la cuenta, como consecuencia del decaimiento aleatorio de la fuente radiactiva. La densidad del material debe estar dentro del rango aproximado de 2.150 y 2.350 kg/m³. Tanto la densidad del material como el período de tiempo de medición deben establecerse. Esto se puede determinar haciendo una serie de 20 o más mediciones realizadas sin mover el instrumento o, alternativamente, por medio de los datos de calibración y asumiendo que σ es igual a la raíz cuadrada de la cuenta correspondiente a la mencionada densidad. La cuenta debe ser la verdadera del instrumento, corregida para cualquier valor de pre-escala.

$$P = \frac{\sigma}{S}$$

donde:

P = precisión del aparato en densidad (kg/m³).

σ = una desviación estándar (desviación típica) de la cuenta, y

S = pendiente de la curva de calibración en el valor de densidad definido.

10.3 Por causa de los diferentes tipos de mezcla y prácticas de construcción, no se dispone en la actualidad de métodos que proporcionen valores de densidad de mezclas bituminosas compactadas suficientemente exactos para poderlos comparar con los obtenidos mediante este ensayo. Consecuentemente, no se puede establecer el error del método.

11 CORRESPONDENCIA CON OTRAS NORMAS

ASTM D 2950-91. «Standard Test Method for Density of Bituminous Concrete in Place by Nuclear Methods».

INFORMES de las reuniones del Grupo de Trabajo sobre «control de densidad, por métodos nucleares, de las mezclas bituminosas en firmes». (Circulación restringida.) MOP. Madrid, 10 de junio de 1974 y 31 de enero de 1975.

12 NORMAS PARA CONSULTA

NLT-159 «Resistencia a la deformación plástica de mezclas bituminosas empleando el aparato Marshall».

NLT-168 «Densidad y huecos en mezclas bituminosas compactadas».

NLT-314 «Toma de muestras testigo pavimento».

NLT-348 «Toma de muestras mezclas bituminosas para pavimentación».

Nota. Para facilitar una mejor comprensión de esta norma así como la posible relación con bibliografía al respecto en inglés, se incluye a continuación un glosario de algunas de las palabras más significativas de las utilizadas en la redacción de la norma, con una breve definición conceptual y su equivalencia en inglés.

CUENTA (COUNT) La indicación de un número total de reacciones ionizantes (gamma) registradas por una cámara de ionización, como en un contador Geiger, en un período de tiempo dado.

VELOCIDAD DE CUENTA (COUNT RATE) Velocidad de cuenta. Número de impulsos de salida, visualizados en la pantalla por unidad de tiempo considerado.

VELOCIDAD DE CUENTA DE LA MEDIDA ACTUAL (MEASURED COUNT RATE) Velocidad de cuenta actual; velocidad de cuenta obtenida en el ensayo de campo.

VELOCIDAD DE CUENTA DE REFERENCIA (REFERENCE COUNT RATE) Velocidad de cuenta obtenida con el patrón, referencia o estándar.

RAZON DE VELOCIDAD DE CUENTA (COUNT RATIO) Relación entre dos velocidades de cuenta como el número de veces que la primera contiene a la segunda, por ejemplo entre las cuentas de campo y las cuentas de calibración, estándar o de referencia.

PRE-ESCALA (PRESCALE) El número de impulsos (cuenta) visualizando en la pantalla puede ser distinto del realmente registrado por el aparato. En este caso la cuenta mostrada debe corregirse por el valor de pre-escala, F , normalmente un divisor, que reduce el valor real antes de presentarlo en pantalla.

ESPACIO DE AIRE (AIR GAP) Espacio de aire existente entre dos objetos o cuerpos que se relacionan mutuamente por un fenómeno físico (eléctrico, magnético, radiactivo, etc.).

ESCALA (SCALE) Circuito electrónico que da un solo impulso de salida por cada cierto número de impulsos de entrada.

ANEXO A

A1. CALIBRACION

A1.1 La calibración del aparato se realizará siguiendo el procedimiento recomendado por el fabricante del instrumento.

A1.2 Por lo menos una vez al año y después de cualquier reparación que pudiera haber afectado a la geometría del instrumento, se verificará o restablecerá la curva de calibración, las tablas o los coeficientes.

A1.3 El instrumento se calibrará de tal manera que produzca una respuesta de calibrado dentro de $\pm 16 \text{ kg/m}^3$ sobre los bloques de materiales (estándares) de densidad conocida. Puesto que la respuesta del instrumento nuclear está influenciada por la composición química del material a ensayar,

se debe tener en cuenta la composición química de los bloques estándares al establecer la densidad estándar. Las densidades de los materiales utilizados para establecer o verificar el calibrado deben extenderse en un rango suficientemente amplio para que estén incluidos todos los grados presumibles de densidad de los materiales en obra.

A1.4 Se tomarán suficientes datos de cada estándar de densidad para asegurar una precisión de cuenta del instrumento de al menos la mitad del valor numérico de la precisión requerida en las cuentas a realizar en obra. Los datos se presentarán en forma de gráfico, tabla, ecuación, o se memorizarán en el aparato para permitir la conversión de los datos de velocidad de cuenta en densidad del material.

A1.5 El método y los procedimientos de ensayo utilizados para establecer los datos de la velocidad de cuenta serán los mismos a los utilizados para obtener los datos de velocidad de cuenta con el material en la obra.

A1.6 El tipo de material, la densidad, y la densidad equivalente del material calculada de cada estándar de calibración utilizado para establecer o verificar el calibrado del instrumento se harán constar como parte de los datos de calibración.

A1.7 Estándares de calibración

A1.7.1 Los estándares de calibración se establecerán utilizando uno de los siguientes métodos. Los estándares serán de suficiente tamaño para que el valor de la velocidad de cuenta no cambie aunque se mayorase alguna de sus dimensiones (Nota A1).

Nota A1. Una superficie de dimensiones, como mínimo, de 610 mm, largo, por 430 mm, ancho, es satisfactoria. Para el método de retrodispersión es adecuado un espesor de 230 mm, mínimo. Para transmisión directa el espesor debe ser al menos de 50 mm más que la profundidad a la que se sitúe el extremo de la varilla con la fuente radiactiva en el ensayo. Para la técnica de espacio de aire (air gap) se requiere un estándar de calibración con superficie mayor. Las dimensiones superficiales del estándar se pueden reducir ligeramente, si éste está adyacente a un material de alta densidad.

A1.7.1.1 Se preparan estándares de suelo y roca compactados de diferentes rangos de densidad. Al hacer los estándares, se coloca el material en capas cuyo espesor depende del equipo de compactación disponible. Cada capa se compactará con igual energía de compactación. Se calcula la densidad de cada estándar en función del volumen y masa determinados del mismo.

A1.7.1.2 Se preparan estándares de mezclas bituminosas en obra, fabricadas con diferentes áridos y proporciones para obtener diferentes rangos de den-

sidad. La mezcla se coloca de manera que se asegure un material y densidad uniformes del estándar. Se calcula la densidad de cada estándar midiendo su volumen y su masa.

A1.7.1.3 Se preparan estándares de materiales estables no térreos. Se determina la densidad equivalente suelo-roca de cada estándar midiendo su volumen y su masa.

Nota A2. Los estándares fabricados con magnesio, aluminio o con bloques laminados de capas de aluminio/magnesio de igual espesor (máximo 1 mm) así como con bloques de granito o de piedra caliza, se han utilizado con éxito durante años en el establecimiento y la verificación del calibrado.

A1.7.1.4 La densidad de estos estándares se determinará con una exactitud de $\pm 0,3\%$.

A2. AJUSTES EN LA CALIBRACION

A2.1 La respuesta de calibración se revisará antes de efectuar ensayos con materiales claramente diferentes de los utilizados en el calibrado; también se revisará tal respuesta en el caso de aparatos recientemente adquiridos o reparados.

A2.2 Se realiza un número suficiente de mediciones y se comparan con las obtenidas en otros métodos aceptados, tales como los referidos en la norma NLT-168, estableciendo la correlación entre la calibración del aparato y los otros métodos.

A3. DETERMINACION DE LA PROFUNDIDAD DE MEDICION

A3.1 La profundidad de la medición es característica del diseño de cada instrumento en particular, y se puede definir como la distancia, medida desde la superficie, a la que un cambio significativo en la densidad no resulta en un cambio en la medición.

A3.1.1 Se determina la profundidad midiendo la densidad real de capas superiores de densidad uniforme, pero de distinto espesor, colocadas sobre una capa de base de densidad muy diferente. Se varían los espesores de la capa superior hasta que se obtengan valores de la densidad constantes, como respuesta del instrumento (Nota A4).

Nota A3. Para espesores de 50 mm o menores, se recomienda la técnica de redistribución; para espesores mayores de 50 mm, la de transmisión directa.

Nota A4. Materiales como el magnesio y el aluminio en lámina se han usado satisfactoriamente como capas superiores. Los bloques de magnesio y aluminio utilizados como estándares en la calibración, son útiles como material de base.

A3.1.2 Se llevan los resultados a una gráfica y se determina la profundidad a la que la densidad real

medida es igual a la densidad calculada. Esta determinación se debe hacer para un material de baja densidad y para otro de alta densidad actuando como capa superior. La profundidad de medición es el valor medio de los dos resultados.

ANEXO B

LEGISLACION NUCLEAR ESPAÑOLA FUNDAMENTAL

LEY 25/1964, de 29 de abril, sobre Energía Nuclear («BOE» núm. 107, de 4 de mayo de 1964).

LEY 15/1980, de 22 de abril, de creación del Consejo de Seguridad Nuclear («BOE» núm. 100, de 25 de abril de 1980).

DECRETO 2869/1972, del Ministerio de Industria, de 21 de julio, por el que se aprueba el Reglamento sobre Instalaciones Nucleares y Radiactivas («BOE» núm. 255, de 24 de octubre de 1972).

DECRETO 2177/1967, de 22 de julio del Ministerio de Hacienda por el que se aprueba el Reglamento sobre Cobertura de Riesgo de Daños Nucleares («BOE» núm. 223, de 18 de septiembre de 1967).

REAL DECRETO 1999/1979, de Presidencia del Gobierno, por el que se aprueba el Reglamento Nacional de Transporte de Mercancías Peligrosas por Carretera («BOE» núm. 201, de 22 de agosto de 1979).

REAL DECRETO 881/1982, de Presidencia del Gobierno, por el que se aprueba el Reglamento Nacional de Transporte de Mercancías Peligrosas por Ferrocarril («BOE» núm. 109-123, 7-24 de mayo de 1982).

REAL DECRETO 1749/1984, de 1 de agosto, por el que se aprueban el Reglamento Nacional sobre el Transporte sin Riesgos de Mercancías Peligrosas por Vía Aérea y las Instrucciones Técnicas para el Transporte sin Riesgo de Mercancías Peligrosas por Vía Aérea («BOE» núms. 236 al 245, del 2 al 12 de octubre de 1984).

REAL DECRETO 53/1992, de 24 de enero, por el que se aprueba el Reglamento sobre Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes («BOE» núm. 37, de 12 de febrero de 1992).

ACUERDO EUROPEO sobre Transporte Internacional de Mercancías Peligrosas por Carretera (ADR), elaborado en Ginebra el 30 de septiembre de 1957. Texto refundido que entró en vigor el 1 de enero de 1990, con las enmiendas introducidas hasta esa misma fecha. («BOE», suplemento del núm. 41, del 17 de febrero de 1992).