

# **CÁLCULO DE DISTANCIA DE SEGREGACIÓN PARA EL ALMACENAMIENTO EN TRÁNSITO DE MATERIALES RADIATIVOS**

**Quevedo García José R; López Forteza Yamil Duménigo González Cruz; de la Fuente Puch Andrés; Díaz Guerra Pedro Ibrahim.**

**Centro Nacional de Seguridad Nuclear.**

**Dirección Electrónica: [quevedo@cnsn.cu](mailto:quevedo@cnsn.cu)**

## **RESUMEN**

Para la actividad de almacenamiento en tránsito que se origina en puertos y aeropuertos no se reglamentan valores de distancia mínima a la cual pueden encontrarse las personas de las cargas de material radiactivo, debiendo establecerse estos valores como parte de los procedimientos de trabajo a ejecutar.

Para un escenario que reproduce las condiciones de almacenamiento en tránsito que se presenta en los aeropuertos, el trabajo aplica un método de cálculo que permite establecer valores de la distancia de segregación de bultos radiactivos en función de las características radiológicas de los mismos.

Los resultados obtenidos pueden ser útiles a los fines de establecer los procedimientos requeridos para los trabajos de almacenamiento en tránsito en los aeropuertos, así como para verificar el cumplimiento del Reglamento para el Transporte Seguro de Materiales Radiactivos con relación a estas operaciones.

## **INTRODUCCIÓN**

En el “Reglamento para el transporte seguro de materiales radiactivos” vigente en el país, se requiere el establecimiento de distancias de separación durante el transporte y almacenamiento en tránsito de bultos que contengan materiales radiactivos con la finalidad de:

- Ø brindar una adecuada protección radiológica a las personas, según se establece en el Artículo 15,
- Ø proteger las películas fotográficas sin revelar del “velado”, según lo establece el Artículo 16, y
- Ø separar los bultos que contienen materiales radiactivos de otros bultos con otras mercancías peligrosas, de acuerdo a lo establecido en el Artículo 86.

El establecimiento de distancias de separación deberá formar parte de los procedimientos de trabajo de las empresas que participan en las operaciones de transporte. En el presente trabajo se propone un grupo de criterios técnicos sobre cuya base se calculan las distancias de separación para la protección de los trabajadores y los miembros del público en los aeropuertos.

## CRITERIOS TÉCNICOS PARA EL CÁLCULO

A los fines del cálculo, todos los bultos y grupos de bultos pueden ser considerados fuentes puntuales individuales cuyos niveles de radiación pueden describirse mediante la relación inversa del cuadrado. La experiencia ha demostrado que esta es la hipótesis de trabajo razonable para los bultos de reducidas dimensiones que se transportan normalmente por vía aérea; bajo esta hipótesis, la dosis anual a recibir por las personas puede calcularse por la expresión:

$$D = R \cdot \frac{IT \cdot (1+r)^2}{100 \cdot (d+r)^2} \quad (1)$$

donde: D es la dosis total en mSv recibida en un año por la persona, R es la carga anual en horas, d es la distancia (en metros) de separación entre la persona y la superficie exterior de un bulto o de un conjunto de bultos de radio r (en metros), IT es el Índice de Transporte del bulto o la suma de los índices del conjunto de bultos.

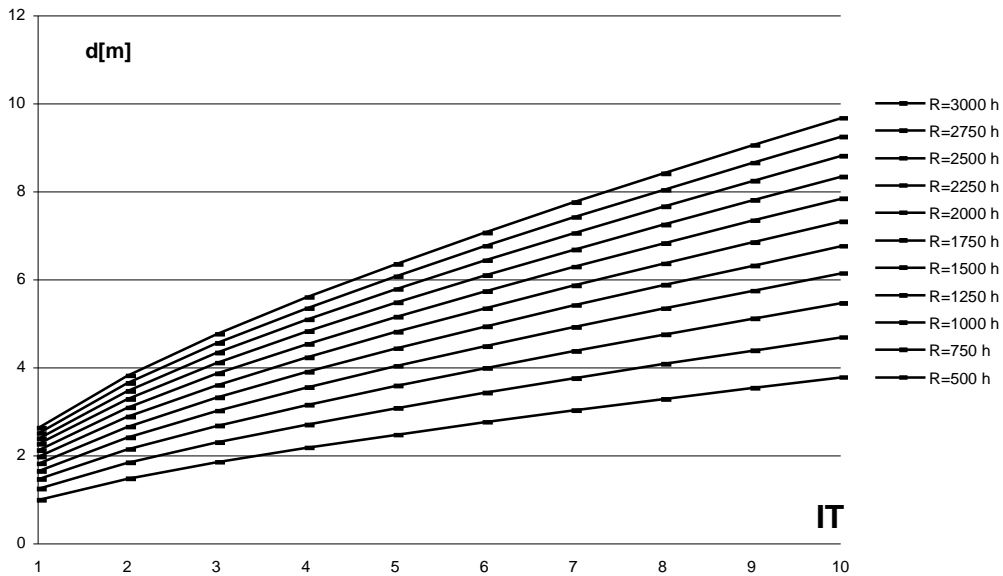
De la expresión (1) se infiere que la consideración de los detalles relativos a las dimensiones del bulto y a las configuraciones de estiba conducirá normalmente a una ligera disminución de la distancia de separación requerida; así pues, al considerar todos los grupos de bultos como fuentes puntuales individuales, el criterio tendrá carácter prudencial.

De acuerdo con el Artículo 15 del Reglamento, las distancias de separación deberán ser calculadas para los trabajadores en zonas normalmente ocupadas, utilizando una dosis de 5 mSv por año y para los miembros del público en las zonas a las que el público tenga normalmente acceso, utilizando una dosis de 1 mSv por año. Estos valores se aplican en el perímetro de una zona normalmente ocupada, por lo que la exposición resultante será inferior a estos valores límites debido a que las personas no permanecen todo el tiempo en esta zona. Los niveles de radiación aplicados en el procedimiento se basan en el IT de un bulto o en la suma de los IT para un conjunto de bultos y no se considera el efecto del autoblandaje dentro de un conjunto por lo que los niveles reales de radiación serán inferiores a los que sirven de base al cálculo.

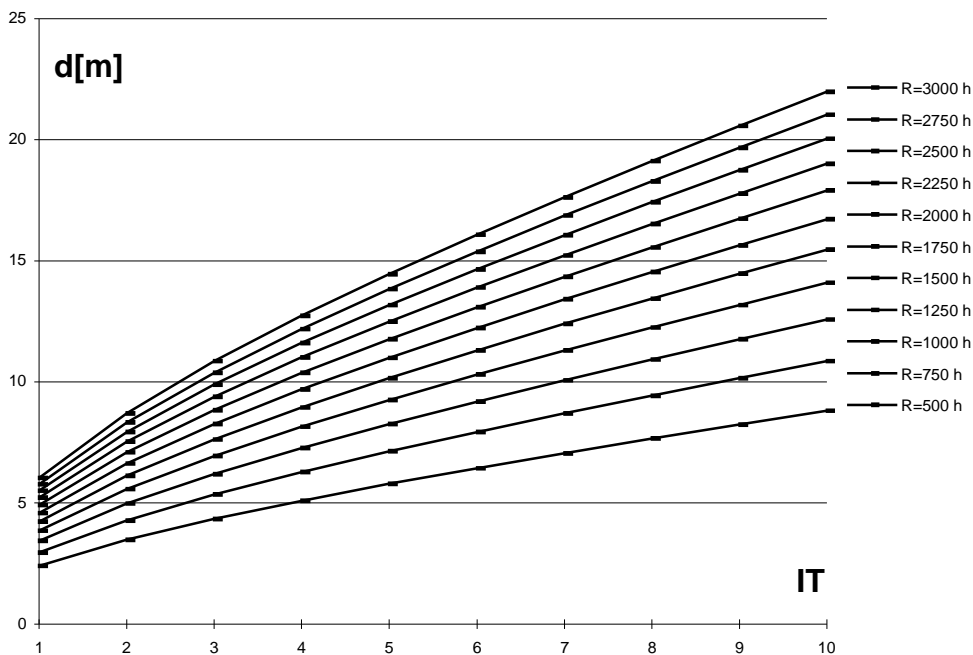
## RESULTADOS OBTENIDOS

Los resultados del cálculo, sobre la base de la expresión 1, de la distancia de separación d en para diferentes valores de carga anual R para el caso de trabajadores y de los miembros del público se muestran por separado en las Fig. No 1 y 2. El cálculo se ha realizado para un bulto Tipo A pequeño de forma cúbica con 25 cm de arista con IT =1; la variación del radio del conjunto de bultos en la medida que aumenta su cantidad se ha tenido en cuenta partiendo del criterio de que la estiba que se establece es siempre la que tiene menor superficie total.

**Figura No 1. Distancia de separación calculada para diferentes cargas anuales R, en el caso de trabajadores**



**Figura No 2. Distancias de separación calculadas para diferentes cargas anuales R, en el caso de miembros del público**



Los resultados obtenidos pueden ser utilizados para, partiendo de la carga anual de determinada instalación aeroportuaria, establecer las distancias de separación requeridas. En la práctica el cálculo se realiza solo hasta un  $IT = 10$  debido a que para

valores superiores (para  $R \geq 2500$  h) se obtienen distancias de separación para el público que pueden superar los 20 m, en cuyo caso resultaría más práctico aplicar o bien la interposición de paredes constructivas comunes que garantizan una disminución aceptable de la distancia de separación.

En el caso específico del aeropuerto “José Martí” se consideran 48 semanas laborables por año para los trabajadores y 52 semanas por año para los miembros del público y podría hablarse de dos escenarios diferentes:

- Ø almacén de recepción de mercancías procedente del extranjero; donde se puede considerar la llegada de 3 vuelos semanales, un tiempo promedio de almacenamiento del grupo de bultos de 8 horas por vuelo y un Índice de Transporte total del conjunto de bultos (IT) igual a 10, o sea, una carga anual  $R = 1152$  h para los trabajadores y  $R = 1248$  h para los miembros del público;
- Ø almacén de expedición de mercancías para el interior del país; donde se consideran la salida de 2 vuelos semanales, un tiempo promedio de almacenamiento del grupo de bultos de 8 horas por vuelo y un IT del conjunto de bultos igual a 5, o sea, una carga anual  $R = 768$  h para los trabajadores y  $R = 832$  h para los miembros del público.

Los resultados de la aplicación de estos escenarios se muestran en la Tabla No 1. Si bien comparativamente, la cantidad de bultos en el primer escenario es el doble y la carga anual considerada es un 66% superior que la del segundo, se observa que los valores de distancia de separación son aproximadamente el doble en el escenario de mayor exposición.

**Tabla No 1. Resultados de la aplicación de los resultados de los cálculos al Aeropuerto “José Martí”**

<b>Escenario considerado</b>	<b>Distancia de separación; trabajadores .</b>	<b>Distancia de separación; miembros del público.</b>
Almacén de recepción de mercancías procedente del extranjero	5.9 m	14.1 m
Almacén de expedición de mercancías para el interior del país	3.2 m	7.5 m

Por concepto de manipulación, los trabajadores reciben una dosis que se sumaría a la considerada al establecer las distancias de separación; el valor de esta dosis, si se supone que durante la manipulación de los bultos correspondientes solo a un vuelo el trabajador se mantiene solo 5 mín. a 20 cm de un bulto, sería de 1.4 mSv para el escenario de mayor exposición. Ello permite afirmar que es probable que los trabajadores en el escenario de mayor exposición reciban dosis totales superiores a 1mSv.

## CONCLUSIONES

- Ø Se calculan, para las condiciones específicas de los aeropuertos, valores de distancia de separación que pueden ser implementados en los procedimientos de trabajos de los aeropuertos.
- Ø Los resultados obtenidos, aplicados al caso real del Aeropuerto “José Martí” demuestran que para las características actuales, todos los bultos pueden ser estibados en un solo grupo siempre que se observen las distancias calculadas
- Ø Se expone un método de cálculo que puede ser utilizado por las autoridades aeroportuarias para el cálculo de las distancias de separación al ocurrir variaciones en las condiciones expuestas en el presente trabajo.
- Ø Los resultados obtenidos señalan que es probable que la dosis recibida por los trabajadores, al menos los del área de recepción de mercancías procedentes del extranjero, supere 1mSv, por lo que, de acuerdo al Artículo 14 del Reglamento, se hace necesario que el transportista establezca un programa de evaluación de dosis mediante la vigilancia radiológica en el lugar o la vigilancia de la exposición individual, o ambas, según lo determine la autoridad Reguladora.
- Ø El método de cálculo utilizado en el presente trabajo podría ser empleado para el establecimiento de distancias de separación para la protección de películas sin revelar, para ello deberá tenerse en cuenta que el valor de dosis que se establece en el Artículo 16 se refiere a todo el transporte y no solo al almacenamiento en tránsito.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Resolución No 121/200 del Ministerio de Ciencias, Tecnología y Medio Ambiente, “Reglamento para el transporte seguro de materiales radiactivos”
2. Manual de consulta para la aplicación del Reglamento del OIEA para el transporte seguro de materiales radiactivos (Edición de 1985) Tercera edición (enmendada en 1990). Colección Seguridad No 37, OIEA, Viena, 1991.
3. Instrucciones Técnicas de la OACI