

## CALCULO DE BLINDAJE OPTIMIZADO PARA EL TRANSPORTE DE $^{131}\text{I}$ UTILIZADO EN MEDICINA NUCLEAR

Sahyun Adelia; Sordi, Gian M.A.A.; Rodrigues, Demerval L.; Sanches,  
Matias P; Romero Filho, Christovam R.

Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN-CNEN/SP,  
São Paulo SP, Brasil

### RESUMEN

Este trabajo tiene como objeto la presentación de las bases para el cálculo de espesor de blindaje aplicables a las diversas situaciones reales que se puedan presentar en el transporte de  $^{131}\text{I}$  utilizado en medicina nuclear, tanto para fines de diagnóstico como terapéutico. El cálculo fue hecho para optimizar los blindajes a fin de satisfacer el transporte de material radiactivo, de modo que estos sean directamente aplicados con las cantidades que se trabajan actualmente, y fue propuesto para actividades estimadas de un mínimo de 1,85 GBq (50 mCi), 3,7 GBq (100 mCi) y 7,4 GBq (200 mCi), teniendo en cuenta como grupo crítico los participantes del transporte y, para efecto de dosis colectiva, el público general. La población involucrada y su densidad es aquella atribuida a la ciudad de São Paulo, una vez que el transporte se realiza a través de la ciudad, puesto que el material radiactivo es distribuido desde el sector oeste hasta el sector norte o sur, donde se encuentran los aeropuertos de la ciudad, en un perímetro de alrededor de 40 km. Para el cálculo de la dosis colectiva fue considerada una dosis en la población, cuyo valor no es superior a la centésima parte del límite anual para el público. Nuestras inquietudes están relacionadas con el volumen muy grande de material radiactivo que es transportado por semana, principalmente porque 1/3 del volumen transportado presenta actividades del orden de 3,7 GBq (100 mCi). Durante el cálculo observamos que la actividad en el momento del transporte es cerca de 40% mayor que la actividad en la fecha de calibración. En lo que respecta a la discrepancia entre el valor alfa aplicable del orden de US\$ 10000/Sv-persona que es el valor oficial y US\$ 3000/Sv-persona que es el valor real<sup>(3)</sup> para el país, fue hecho un estudio de comparación de los resultados en relación a su variación.

### ABSTRACT

The purpose of this paper is to present the basis for shielding calculations used in the different situations that will be occur during the transport of  $^{131}\text{I}$  utilized in nuclear medicine for diagnostic and therapeutic uses. The objective of this calculation is shielding optimization to satisfy the transport of radioactive material. These calculations were proposed for estimated activities around 1,85 GBq (50 mCi), 3,7 GBq (100 mCi) and 7,4 GBq (200 mCi), considered the driver of the cargo company and his assistant as the critical group and the general people considered as effect of collective dose. The population density considered in the model is the one related to São Paulo city, because the transport is done by the highways across the city and the radioactive material is distributed from west zone to north and south zone where we can find the airports. This area ranges a perimeter of 40 km. For the collective dose calculation, it was considered a population dose of less than 1/100 of annual limit dose for the public. Our main worry is related to the large volume of radioactive material that is transported for week, specially because 1/3 of this material

has activities around 3,7GBq (100 mCi). During the calculations we have figured out that the activities at the moment of the transport are nearly 40% greater than that one related to the calibration date. Related to the discrepancy between the official alpha value of US\$10000/man-Sv and the real value for our country of US\$3000/man-Sv, it was doing a comparative study.

## INTRODUCCION

El concepto de optimización<sup>(1),(2)</sup> es por su naturaleza de orden práctico. Es apropiado para lograr un cierto equilibrio entre los recursos que se asignan a la protección y el nivel de protección obtenido y, de la mejor manera que sea posible.

El objetivo de este trabajo es obtener la solución óptima para el cálculo de espesor de blindaje utilizado en el transporte de material radiactivo, en función de criterios implícitos o explícitos. Estos blindajes se aplican a las diversas situaciones que se pueden presentar en el transporte de <sup>131</sup>I, utilizado en medicina nuclear, tanto para fines de diagnóstico como terapéutico.

El cálculo hecho en la optimización del blindaje, adopta decisiones sobre el nivel de protección; sobre los diversos factores que entran en juego, tales como la población involucrada y su densidad poblacional; sobre la cuantificación de estos factores lo mas razonable, y sobre las compensaciones recíprocas entre ellos.

Este trabajo toma como punto de partida para evaluar los cambios dos casos de base, o sea, dos estudios de diseño como opción (blindaje mínimo y máximo), a partir de estos, se verifica el comportamiento de las opciones intermedias al aplicar diferentes niveles de decisión en diferentes contextos, utilizando técnicas apropiadas de análisis para la obtención de la solución óptima y para el cálculo de espesor de blindaje que se requiere para el transporte.

## DETERMINACION DE LAS OPCIONES

Para la elección de las opciones fueron considerados los factores involucrados en el proceso de optimización. Estos factores son presentados a continuación:

Espesor de blindaje; tasa de exposición para diferentes distancias; volumen externo e interno del blindaje, número total de viajes por año; dosis en la población, densidad poblacional en las diferentes distancias.

Las opciones inicialmente seleccionadas además de las dos básicas, fueron más cinco intermedias, enumeradas de 1 hasta 7.

En las tablas y figuras que siguen, para valores de alfa US\$10000/Sv-persona y US\$3000/Sv-persona se indica el comportamiento de cada opción respecto a cada uno de los factores especificados.

TABLA 1: Opciones para valores de alfa US\$10000/Sv-persona

opción	H (mrem-persona)	Y (US\$)	X (US\$)	X+Y	Espesor (cm)
opción 1	3,46E+03	5,19E+04	7,29E+03	5,92E+04	0,8+1,2+1,2
opción 2	2,71E+03	4,07E+04	9,06E+03	4,97E+04	1,0+1,3+1,3
opción 3	2,22E+03	3,33E+04	1,10E+04	4,43E+04	1,2+1,4+1,4
opción 4	1,96E+03	2,94E+04	1,23E+04	4,17E+04	1,3+1,5+1,5
opción 5	1,77E+03	2,66E+04	1,36E+04	4,02E+04	1,4+1,6+1,6
opción 6	1,54E+03	2,31E+04	1,60E+04	3,91E+04	1,6+1,7+1,7
opción 7	1,37E+03	2,06E+04	1,86E+04	3,92E+04	1,8+1,8+1,8
opción 8	1,49E+03	2,24E+04	1,70E+04	3,94E+04	1,7+1,7+1,7
opción 9	1,62E+03	2,43E+04	1,55E+04	3,98E+04	1,6+1,6+1,6

FIGURA 1: Opción óptima para valores de alfa US\$10000/Sv-persona

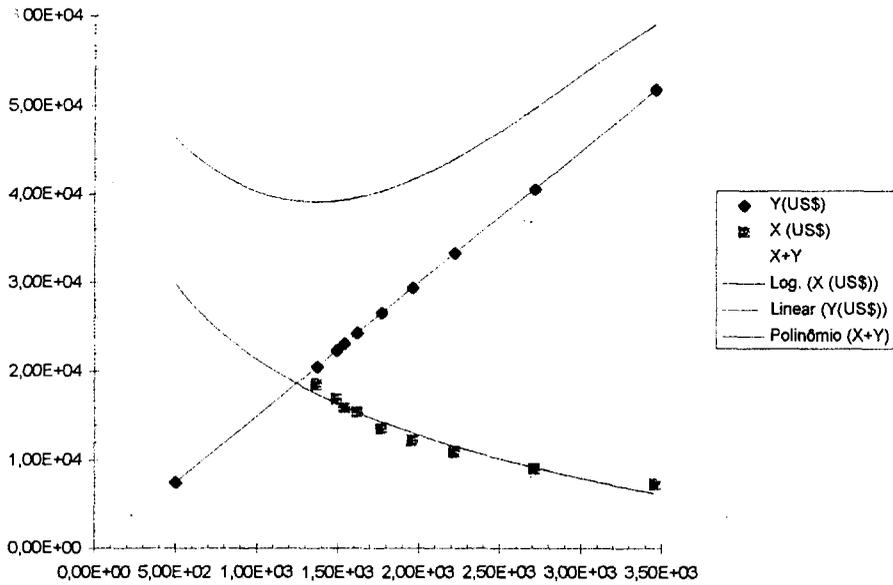
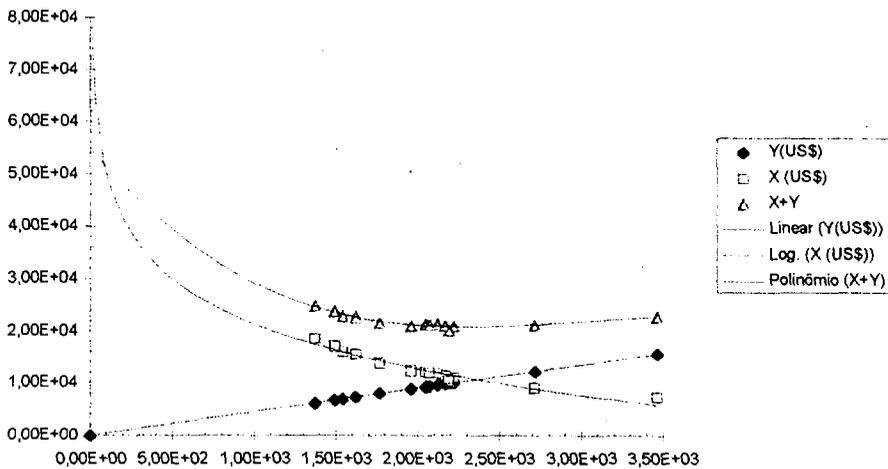


TABLA 2: Opciones para valores de alfa US\$3000/Sv-persona

opción	H (mrem-persona)	Y(US\$)	X (US\$)	X+Y	Espesor (cm)
opción 1	3,46E+03	1,56E+04	7,29E+03	2,29E+04	0,8+1,2+1,2
opción 2	2,71E+03	1,22E+04	9,06E+03	2,13E+04	1,0+1,3+1,3
opción 3	2,22E+03	9,99E+03	1,10E+04	2,10E+04	1,2+1,4+1,4
opción 4	1,96E+03	8,82E+03	1,23E+04	2,11E+04	1,3+1,5+1,5
opción 5	1,77E+03	7,97E+03	1,36E+04	2,16E+04	1,4+1,6+1,6
opción 6	1,54E+03	6,93E+03	1,60E+04	2,29E+04	1,6+1,7+1,7
opción 7	1,37E+03	6,17E+03	1,86E+04	2,48E+04	1,8+1,8+1,8
opción 8	1,49E+03	6,71E+03	1,70E+04	2,37E+04	1,7+1,7+1,7
opción 9	1,62E+03	7,29E+03	1,55E+04	2,28E+04	1,6+1,6+1,6
opción 10	2,17E+03	9,77E+03	1,13E+04	2,11E+04	1,2+1,5+1,4
opción 11	2,19E+03	9,86E+03	1,03E+04	2,02E+04	1,2+1,4+1,5
opción 12	2,12E+03	9,54E+03	1,18E+04	2,14E+04	1,3+1,4+1,4
opción 13	2,05E+03	9,23E+03	1,22E+04	2,14E+04	1,3+1,5+1,4
opción 14	2,07E+03	9,32E+03	1,20E+04	2,13E+04	1,3+1,4+1,5

FIGURA 2: Opción óptima para valores de alfa US\$3000/Sv-persona



Habiendo verificado a partir de los datos de las tablas la opción óptima y a partir de las figuras su tendencia, fueron creadas opciones próximas para verificar el óptimo real.

En el caso de alfa US\$10000/Sv-persona, fueron creadas las opciones 8 y 9. Estas fueron mantenidas para el alfa US\$3000/Sv-persona y además de estas fueron creadas las opciones 10 hasta 14.

Haciendo el análisis de la tabla 1 y respectiva figura, se verificó que la solución analítica óptima es la opción 6.

Pero, considerando otros factores, por ejemplo la pequeña diferencia de espesor de un blindaje en relación a las otras y, que esta situación puede causar un error en el proceso de selección del blindaje, es preferible decidirse por la opción próxima que haría que los tres blindajes fuesen estandarizados.

Por la tabla, se concluye que es la opción 7 la solución óptima, pero, verificando los valores del detrimento, Y, que son atributos subjetivos, fuera de la realidad nacional y, que el costo de la protección, X, que tiene su valor garantizado por el espesor de blindaje, se decidió por la opción 8 como solución óptima.

En el caso de alfa US\$3000/Sv-persona, se realizó un análisis similar al anterior, verificandose que la opción óptima se encuentra entre 3 y 4 y por las opciones próximas de 10 hasta 14, concluyéndose que la opción 11 es la solución mas adecuada.

De las tablas 1 y 2 verificamos que la opción analítica óptima para alfa US\$10000/Sv-persona y alfa US\$3000/Sv-persona presentó una variación del costo X+Y de US\$39100 para US\$20200. Se analizaremos los respectivos costos del detrimento y de la protección, observaremos las siguientes variaciones:

costo del detrimento, Y, de US\$ 23100 para US\$ 9860, del orden de 160% menor, y para costo de la protección, X, de US\$ 16000 para US\$ 10300, del orden de 60% menor.

Como las dosis individuales, para el grupo crítico, son muy pequeñas, se justifica la aplicación de un valor de alfa más realista para el país de que los US\$ 10000/Sv-persona oficial.

### **CONCLUSION**

Se concluye que para obtener la optimización de la protección radiológica hay que imponer requisitos que han de cumplirse en todas las circunstancias que comprenden desde el diseño hasta el control de las dosis individuales.

Hay que establecer criterios básicos pertinentes, tales como un valor para la dosis colectiva unitaria más realista, valor alfa, para realizar evaluaciones de optimización apropiada para la situación local.

Tomando en cuenta el costo de la protección y la posibilidad de errores en la selección de los blindajes, se decidió como la solución óptima el valor de 1,7cm para los 3 blindajes.

### **REFERENCIAS**

- [1] INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION - Cost-Benefit Analysis in the Optimization of Radiation Protection - ICRP Publication 37, Ann ICRP 10 (2,3). Pergamon Press, OXFORD, 1983.
- [2] INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION - Optimization and Decision Making in Radiological Protection, ICRP Publication 55. Ann ICRP 20 (1), Pergamon Press, OXFORD, 1986.
- [3] INFLUENCE OF ALPHA VALUE IN THE OPTIMIZATION ANALYSIS FOR TRANSPORT SHIELDING OF FISSION PRODUCTS, A. Sahyun, G.M.A.A. Sordi, D.L. Rodrigues, C.R. Romero Filho, F.L. Biazini Filho, Memorias del Segundo Congreso Regional de Protección Radiológica y Seguridad Nuclear, Zacatecas, México, 1993.