

LA APLICACIÓN DE LA OPTIMIZACIÓN EN EL TRANSPORTE DE MATERIAL RADIATIVO PARA LA MODALIDAD DE “USO NO EXCLUSIVO”

Eduardo Gerulis^{1,a,♦}, Víctor Andrés Corahua Muñante²

¹*Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares IPEN-CNEN/SP
Av. Prof. Lineu Prestes, 2242, CEP 05508-000 São Paulo, SP, Brasil*

²*Instituto Peruano de Energía Nuclear
Av. Canadá, 1470 – San Borja, Lima, Perú*

RESUMEN

Los trabajadores que realizan el control de la dosis de radiación ionizante en el Transporte de Material Radiactivo (TMR) reciben una determinada dosis ocupacional, debido a que deben monitorizar la tasa de dosis en la superficie, a un metro de cada bulto y también controlar la tasa de dosis emergentes en la superficie externa de los vehículos. Los transportes clasificados como "de uso no exclusivo" no requieren una monitorización en los vehículos; en este caso, la demostración del control debe ser realizada por la información que se recibe de la clasificación. Lo reglamento regional sobre TMR sigue las recomendaciones de la OIEA, pero estipula la demostración del control de las dosis emergentes de los vehículos con la monitorización y no con la información, para las clasificaciones "de uso no exclusivo" y "de uso exclusivo". Este reglamento debe ser actualizado para aplicar el principio “ALARA” a los trabajadores que realizan la expedición de esta manera y para estandarizar el TMR internacional. El propósito de este trabajo es contribuir a la normalización de la reglamentación regional, disminuir la dosis de radiación para los trabajadores que realizan las mediciones en el transporte clasificado como "no de uso exclusivo", aplicar principio ALARA y contribuir a la agilidad en la conducción de transporte en esta clasificación. Con esta normalización lograremos alcanzar mejoras en el movimiento entre fronteras.

Palabras claves: optimización, transporte, uso no exclusivo.

ABSTRACT

The workers who realize the control of the dose of ionizing radiation on the Transport of Radioactive Material (TRM) receive a certain occupational dose, due to the fact that they must monitor the dose rate on the surface, to one meter of each package and also control emerging dose rate on the external surface of vehicles. Transport classified as "non-exclusive use" do not require monitoring in vehicles, in this case, the control demonstration must be realized by information received from the classification. TRM regional regulation follow the recommendations of the IAEA, but stipulate the control demonstration of emerging dose monitoring vehicles and not by information, for the classifiable as "non-exclusive use" and "exclusive use. This regulation should be updated to implement the principle of "ALARA" to workers engaged in the issue this way and to standardize international TMR. The purpose of this paper is to contribute to the normalization of regional regulation, reduce the radiation dose for workers who do measurements in transport classified as "non-exclusive use, apply the ALARA principle and contribute to the flexibility in the conduct of transportation in this classification. With this normalization will achieve improvements in the transport across borders.

Key Words: optimization, transportation, non-exclusive use

^a Para completar créditos parciales del doctorado

♦ Email: egerulis@ipen.br

1. Introducción

El Transporte de Material Radioactivo (TMR) es una actividad en la cual, por el riesgo potencial que representa, se le debe realizar un estricto control de la radiación ionizante. Las estadísticas mundiales muestran que entre los diversos transportes de materiales radiactivos por carretera, la cantidad más transportada es de radiofármacos para uso en medicina nuclear, por lo tanto, los materiales radiactivos provenientes de instalaciones radiactivas ocurren en mayor número que los que provienen de instalaciones nucleares. Los radiofármacos son acondicionados y transportados en bultos tipo A. La mayor parte de los transportes no necesita de “uso exclusivo”, pues los valores de radiación que emiten los bultos individuales o las remesas y vehículos son adecuados para esta clasificación. Para garantizar esta clasificación, el control de los valores de radiación del bulto y de la remesa del vehículo deben ser obtenidos con la limitación del índice de transporte y de la suma total de los índices de transportes respectivos. Con el fin de tener valores de la radiación, cada bulto que constituye la remesa se monitoriza en forma individual, se toma el valor de la tasa de dosis en contacto con la superficie externa y a un metro de distancia de ella. La tasa de dosis en la superficie del bulto no puede ser superior a 10 mSv/h en condiciones normales. Si es inferior a 2 mSv/h y su IT es inferior a 10, el bulto no debe ser transportado en la modalidad de “uso exclusivo”. La remesa y el vehículo, en situaciones normales, no pueden tener los valores de tasa de dosis superior a 2 mSv/h en sus superficies y 0,1 mSv/h a dos metros de ellas. Si el IT de la remesa o vehículo es inferior a 50, no deben ser transportados en “uso exclusivo”. La demostración del control de los valores de la radiación es realizada por las monitorizaciones de las remesas y de los vehículos. El control de los valores de la radiación realizado con la limitación del IT [1;2], en las expediciones por “uso no exclusivo”, garantiza en la práctica, que los valores en las superficies y a dos metros de ellas son menores que los límites admitidos para estos puntos. La experiencia confirma estos datos [3]. La demostración del control utilizando esta experiencia no expone los trabajadores a los campos de radiación para realizar las mediciones de los valores en estas posiciones, por eso es una aplicación de la Optimización. Además hay un ahorro en horas-hombre en el tiempo empleado para emitir la documentación; este factor es importante para evitar atrasos en envíos de radiofármacos de vida media corta.

2. Objetivo

El objetivo de este trabajo es emplear los valores obtenidos por las mediciones realizadas a las radiaciones emergentes de los bultos con radiofármacos y de los vehículos cargados con estos bultos y demostrar que si limitamos la cantidad de estas remesas por la suma del IT en vehículos clasificados “no de uso exclusivo”, los valores de radiación en las superficies y a dos metros de ellos serán más pequeños que los valores de los límites establecidos en los reglamentos. De esta manera, contribuir con la aceptabilidad de estos valores citados en las recomendaciones [3-p.(567.1)] y mostrar que cuando la demostración del control es realizado por la limitación del IT, en lugar de las monitorizaciones en estos puntos para los transportes “no de uso exclusivo”, se evita las dosis ocupacionales y se respeta los valores de radiación de los reglamentos.

3. Metodología

En la metodología empleada, se utilizaron los datos de monitorización de todos los bultos, vehículos con remesas y trabajadores que expidieron las remesas. Los bultos y los vehículos con remesa fueron monitorizados con equipos portátiles. Los trabajadores fueron monitorizados con dosimetría individual TLD y dosímetros electrónicos de lectura directa.

3.1 En relación con los bultos

Para evitar las dosis ocupacionales, el etiquetado de embalajes para señalización y clasificación de bultos se realizó manualmente y en ausencia de materiales radiactivos como en la Fig. 1. Las etiquetas de riesgo que se usaron fueron Blanco-I, Amarillo-II ó Amarillo-III. La elección de las etiquetas y sus valores impresos del IT fueron generados por un sistema informático basado en las medidas estadísticas, considerando las características del radiofármaco, la actividad y el sistema de embalaje que se utiliza. La verificación de los valores de los ITs se realizó con un sistema automático que otorga valores referenciales, los cuales son comparados con los valores utilizados en las etiquetas y los valores obtenidos en contacto con la superficie externa del bulto. Este sistema también aporta una mitigación interesante a las dosis ocupacionales, ver Fig. 2. Los valores obtenidos se convierten en información necesaria y es el referente del sistema informático.



Fig. 1 Etiquetado de embalajes.



Fig. 2 Aproximación automática.

3.2 En relación con la remesa

Las remesas fueron adecuadas por un sistema automatizado, separadas y dispuestas en lugares para recoger los bultos, conforme Fig. 3, sin necesidad de manipulación por los trabajadores.

3.3 En relación con los vehículos

La remesa de cada vehículo es identificada por los transportistas, reconocida por los clientes ya designados a cada transportista, quienes controlan la cantidad por la suma de sus ITs ($\sum IT \leq 50$). Los transportistas organizan las remesas de los bultos que dejarán al final de la ruta con el fin de facilitar la entrega, colocando en la parte más cercana a la cabina del conductor. Con estas características, todas las expediciones se realizaron sin la necesidad de usos exclusivos y por consiguiente las remesas fueron clasificadas como “no de uso exclusivo”. Debido a la exigencia de la norma nacional brasileña [4], en esta clasificación se midieron los valores de radiación en las superficies laterales y traseras de los vehículos y en su cabina, como en la Fig. 4. Los valores a dos metros de estas superficies son de diez a veinte veces más pequeños; pero se registraron estrictamente como diez veces más pequeños. Los envíos se realizaron mediante la inserción de estos valores en la documentación de transporte.

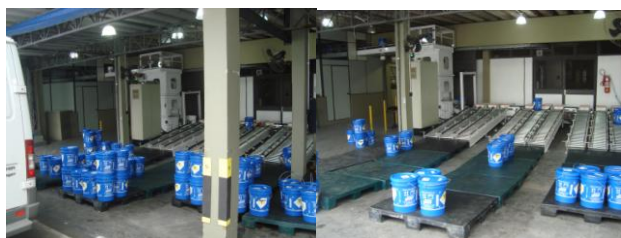


Fig. 3 Adecuación automática de las remesas.



Fig. 4 Monitorización de la superficie derecha del vehículo.

3.4 En relación con las dosis ocupacionales

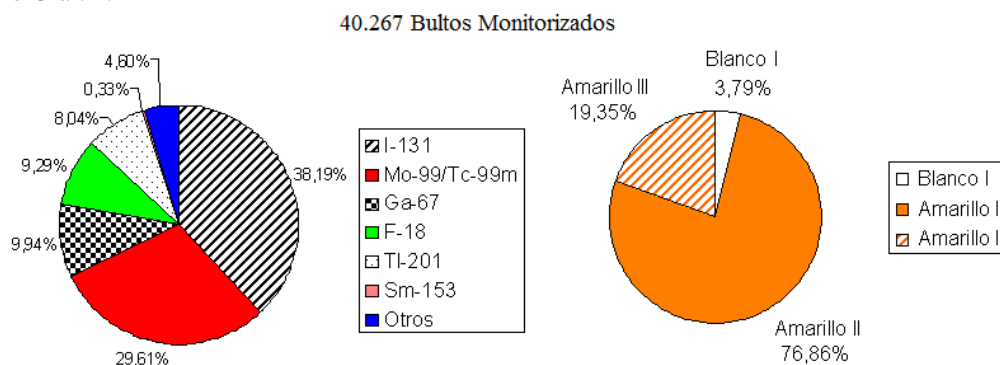
Los trabajadores que hicieron las monitorizaciones en los bultos y en los vehículos fueron rotados para que la dosis ocupacional sea compartida.

4. Resultados

Los datos y resultados obtenidos son el trabajo de un año completo de monitorización en una instalación radiactiva relevante del *Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares*, en Brasil que produce radiofármacos. Los valores se obtuvieron en el 2009.

4.1 En relación con los bultos

La cantidad de bultos del tipo A fue de 40.267; de este total, el 95,4% contenían los radionúclidos I-131, Mo-99/Tc-99m, Ga-67, F-18, Tl-201 e Sm-153, con energías gama desde 0,1 a 1 MeV. La cantidad de bultos y las etiquetas utilizados para la señalización se muestran en lo Gráf. 1.



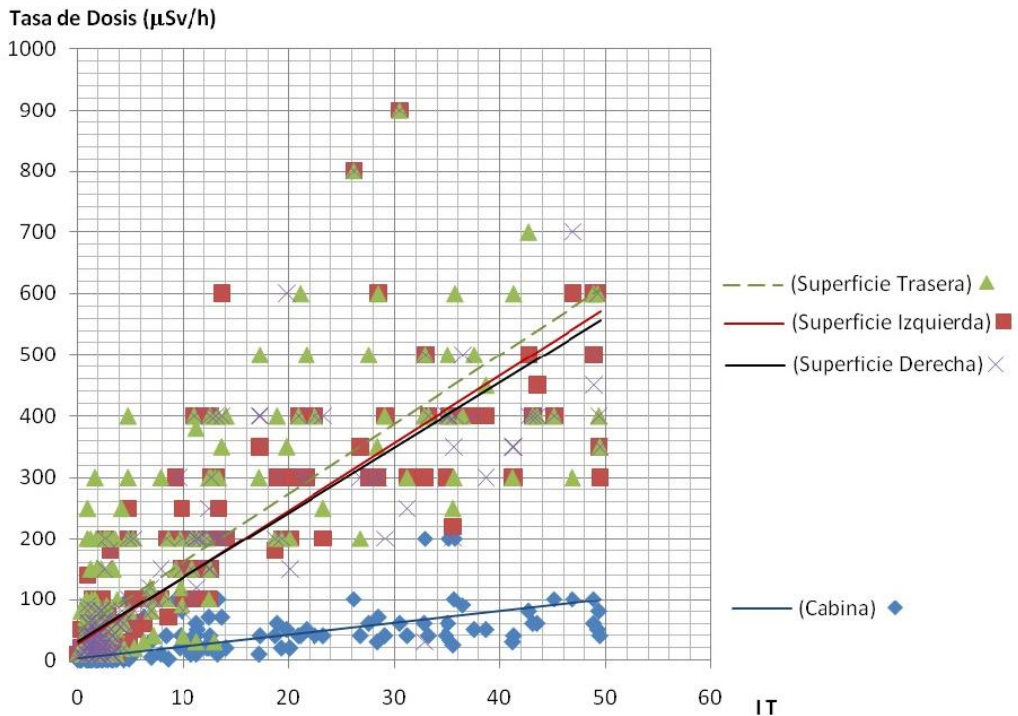
Gráf. 1 Cantidad de bultos y etiquetados para señalización.

4.2 En relación con las remesas

Las remesas raramente fueron compuestas únicamente de bultos con ^{131}I , $^{99}\text{Mo} / ^{99\text{m}}\text{Tc}$ ó ^{18}F . En general las remesas estaban conformadas por una mixtura no proporcional de todos los radionúclidos muestreados.

4.3 En relación con los vehículos

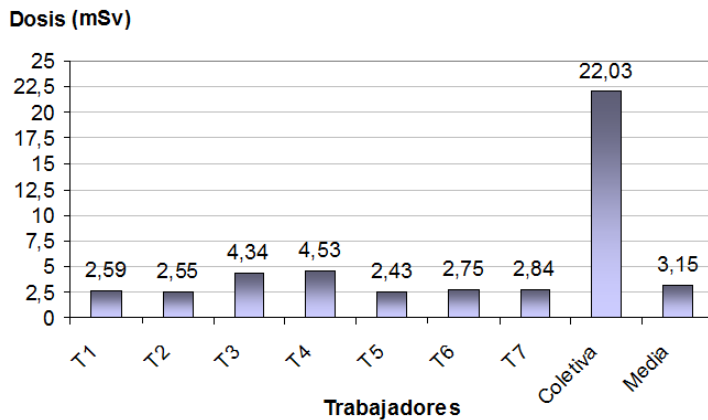
La cantidad de vehículos monitorizados fue 3.304 y todos clasificados como “de uso no exclusivo”. Los valores característicos de las tasas de dosis se muestran en lo Gráf. 2, que representa el mes de enero del 2009, con 246 vehículos monitorizados.



Gráf. 2 Tasas de dosis en la cabina y en la superficie externa de los vehículos vs. el IT (enero del 2009).

4.4 En relación con las dosis ocupacionales

Las dosis ocupacionales anuales fueron recibidas por 7 trabajadores. Los valores de las dosis en el año se muestran en el Gráf. 3.



Gráf. 3 Valores de las dosis ocupacionales anuales.

5. Discusiones

5.1 En relación con las remesas

El ángulo de inclinación de la línea de tendencia de la cabina en el Gráf. 2 es más pequeño que el ángulo de inclinación de las líneas de tendencia de las superficies, debido a la distancia entre la remesa y la cabina. Aunque los valores de la línea de tendencia de la superficie trasera son mayores que los valores de la línea de tendencia de las superficies laterales, en algunos puntos, se observan estos valores invertidos. En ese caso la remesa está más cerca de las superficies laterales que de la superficie trasera, aumentando la dosis en la cabina. Esto ocurre debido a la estabilidad y o facilidad de manipulación del bulto, ya que algunas puertas del acceso al compartimiento de remesas están en el lado derecho del vehículo. La tendencia es que los bultos se queden cerca de la puerta para la cantidad de remesa pequeña, ya que las normas nacionales no muestran distancias de segregación de la remesa hasta la cabina, en el transporte por carretera.

6. Conclusiones

Al controlar la cantidad de bultos en los vehículos por carretera por la suma del IT en la clasificación “uso no exclusivo” ($\sum IT \leq 50$) los valores de radiación en las superficies de los vehículos y por consecuencia a dos metros de ellas, son más pequeños que los límites. Además el primer valor limitante para cambiar la clasificación del transporte de “uso no exclusivo” para “uso exclusivo” es el propio IT o su suma. Empleando esta información es posible realizar la demostración del control sin la necesidad de efectuar nuevas monitorizaciones y evitar dosis ocupacionales adicionales innecesarias.

7. Agradecimiento

Gian-Maria Agostino Ângelo Sordi

REFERENCIAS

- [1] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. *Regulations for the Safe Transport of Radioactive Material*. IAEA, Vienna, 2009 Edition, No. TS-R-1.
- [2] UNITED STATES DEPARTMENT OF TRANSPORT. *Title 49 of the Code of Federal Regulations*. Transportation - Chapter I, Part 177 - Carriage by public highway, § 177.842 - Class 7 (radioactive) materials. - Revised Jan 26, 2004.
- [3] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. *Advisory Material for the IAEA Regulations for the Safe Transport of Radioactive Material*. IAEA, Vienna, 2008 Edition, No. TS-G-1.1 (Rev.1).
- [4] COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR. *Transporte de material radioativo* – CNEN-NN-5.01. Rio de Janeiro: 1988.