

## **Datos Sobre los Envíos de Material Radioactivo para Uso Médico**

**Sanches, M.P y Rodrigues, D.L.**

*Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – IPEN/CNEN*

*Comissão Nacional de Energia Nuclear – CNEN/SP*

*Av.Professor Lineu Prestes # 2242, Zip Code 05508-000*

*São Paulo – SP – Brasil*

*msanches@ipen.br*

### **Resumen**

El transporte de materiales radiactivos implica un riesgo para el personal del equipo, los miembros del público y el medio ambiente. Mientras la seguridad en los transportes esté basada en los diseños de los bultos, los programas de protección radiológica son importantes para asegurar el control radiológico a los trabajadores, el público y el medio ambiente durante el transporte de estos materiales. Aunque el mayor interés en el transporte de materiales radiactivos tiende centrarse en la industria nuclear, el transporte en gran medida ocurre para los materiales de uso médico. Éstos son predominantemente transportados en bultos del Tipo A y bultos exceptuados. Los transportistas son obligados, por regulaciones nacionales, a enviar a la autoridad competente, en nuestro caso la Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), todos los datos de los materiales transportados. Este trabajo tiene por objetivo apuntar los esfuerzos hechos para establecer y manejar los datos respecto a los materiales radiactivos transportados. Los datos existente en el Centro de Radiofarmácia, del Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares “IPEN/CNEN” contiene las informaciones sobre todos los materiales radiactivos consignados para el transporte durante cada año. Es provista una estadística del número de envíos del material radiactivo para el período de 2001 a 2005. Basado en esta estadística se presentan el número de bultos, la cantidad de actividad y los modos del transporte para el periodo en estudio.

### **1. INTRODUCCIÓN**

El transporte de materiales radiactivos implica un riesgo para el personal del equipo, los miembros del público y el medio ambiente. Mientras la seguridad en los transportes esté basada en los diseños de los bultos, los programas de protección radiológica son importantes para asegurar el control radiológico a los trabajadores, el público y el medio ambiente durante el transporte de estos materiales.

Aunque el mayor interés en el transporte de materiales radiactivos tiende centrarse en la industria nuclear, el transporte en gran medida ocurre para los materiales de uso médico. Éstos son predominantemente transportados en bultos del Tipo A y bultos exceptuados.

Los transportistas son obligados, por regulaciones nacionales, a enviar a la autoridad competente, en nuestro caso la Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), todos los datos de los materiales transportados.

Este trabajo tiene por objetivo apuntar los esfuerzos hechos para establecer y manejar los datos respecto a los materiales radiactivos transportados. Los datos existente en el Centro de Radiofarmácia, del Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares “IPEN/CNEN” contiene las informaciones sobre todos los materiales radiactivos consignados para el transporte durante cada año. Es provista una estadística del número de envíos del material radiactivo para el período de 2001 a 2005.

El Centro de Radiofarmácia envió en el período 2001 a 2005 lo total de bultos con sus respectivas actividades totales en GBq por año, presentados en la tabla I.

**Tabla I. Números Totales de Bultos por Año y Actividades Totales por Año**

Año	# de Bultos	Actividad (GBq/Año)
2001	29654	499,676.7
2002	31925	525,229.3
2003	34390	565,041.6
2004	36265	608,186.4
2005	39012	666,195.0

Los datos proporcionados fueron recogidos por el sistema de análisis del IPEN/CNEN que se utiliza para compilar la información del transporte en base a los envíos hechos cada año por el Centro de Radiofarmácia. La extensión de los datos proporciona la colección, el análisis, y la divulgación centralizados de los envíos hechos por el Centro de Radiofarmácia. El sistema automatizado permite que la información respecto al transporte sea recuperada y también sirve como herramienta de gerencia del programa para el Centro de Radiofarmácia. Los datos estadísticos se aplican al transporte de materiales radiactivos por carretera y aéreo.

Los datos presentados son relativos:

- al numero de movimientos (viajes) por año,
- a la cantidad de actividad por mercancía radioactiva,
- al numero de bultos transportados por año, y
- al índice de transporte total por año.

Los métodos de recogida de los datos permitirán obtener resultados estadísticos que respondan a las exigencias mínimas de precisión fijadas por la CNEN.

## 2. DESCRIPCIÓN DE LAS OPERACIONES DE TRANSPORTE

Los materiales radiactivos son transportados con frecuencia por carretera para los propósitos médicos con un solo modo de transporte o conjuntamente con recorridos por el aire. La entrega puede ser requerida lo mas rápida posible porque algunos radionucleidos presentan período de semidesintegración corto. En el Brasil, los materiales radiactivos empaquetados por el Centro de Radiofarmácia son transportados por carretera, principalmente en vehículos dedicados. Se ha encontrado que el transporte por carretera de los generadores del tecnecio puede acarrear una subida en la exposición de los trabajadores del transporte.

El uso médico de radioisótopos es una herramienta de diagnóstico muy importante y requiere el movimiento de materiales radiactivos a los hospitales a través del país. El mayor proveedor de isótopos del Brasil para las aplicaciones médicas está situado en São Paulo, de el cual los materiales radiactivos se envían a todas las partes del país. El cincuenta por ciento de este transporte es realizado por el aire usando las empresas aéreas comerciales para la distribución en todo el país, y todos estos materiales se deben transportar por carretera para y desde el aeropuerto. Los trabajadores implicados en operaciones de carga y descarga y los conductores de los vehículos que llevan los materiales radiactivos por carretera reciben dosis anuales que justifican su designación como trabajadores clasificados, según lo definido por las regulaciones de las radiaciones ionizantes.

El alcance del estudio cubre el siguiente: el Tipo de transporte si aéreo y/ o por carretera del material radiactivo, el Tipo de los materiales radiactivos para uso médico; y el transporte normal de los materiales radiactivos donde el transporte se realiza en conformidad con regulaciones apropiadas [1, 2].

### 2.1. Producción, Fraccionamiento y Distribución del Radionucléido

Los radionucléidos para aplicaciones médicas son producidos en el Brasil, en su mayoría en el reactor de investigación y en el acelerador ciclotrón del IPEN/CNEN, y algunos materiales radioactivos son importados como materia prima. Todos estos materiales son procesados, fraccionados y distribuidos por el Centro de Radiofarmácia del IPEN/CNEN. La mayoría de los bultos enviados por el Centro de Radiofarmácia. lleva materiales usados en procedimientos de diagnóstico médico.

Las cantidades de bultos del Tipo A y exceptuados forman la mayoría de los bultos contenidos en los envíos, con solamente una proporción muy pequeña siendo de bultos del Tipo B. De todos los bultos enviados para el sector médico, el aproximadamente 33% son generadores de tecnecio.

Los detalles de los envíos corresponden a un total anual de movimientos de bultos presentados en la tabla II, para el período de 2001 a 2005. Esto constituye la mayoría de bultos enviados dentro del Brasil a los clientes. La mayoría de estos bultos son transportados por carretera a los aeropuertos para el envío hacia adelante, o transportados por carretera a la destinación final.

**Tabla II. Total Anual de Movimientos de Bultos para el Período de 2001 a 2005**

Año	# de Movimientos por año
2001	1396
2002	1539
2003	1855
2004	2203
2005	2715

### 2.1.1. Aplicaciones Médicas

Muchos hospitales utilizan los materiales radiactivos para los propósitos de diagnóstico y terapéuticos que requieren así las fuentes regulares de los materiales radiactivos para los procedimientos nucleares rutinarios de la medicina. Los generadores de tecnecio se proveen a menudo sobre una base semanal y otros radionucleidos se pueden entregar diariamente según lo requerido. Típicamente, un generador será guardado en un hospital por dos o tres semanas después de el final de su uso, antes de ser devuelto al fabricante, momento en el cual pueden ser enviados como bultos exceptuados.

Los resultados del análisis de datos en relación a los detalles de los isótopos transportados, a los medios de transporte y a los índices de transporte [1] se demuestran en las tablas III a V.

La tabla III demuestra un análisis del número de bultos enviado para los hospitales a cada año, de los Tipos de materiales radiactivos y sus respectivas actividades.

La tabla IV demuestra un análisis del porcentual de bultos enviados por carretera y por aire por año, en el período del estudio.

La Tabla V demuestra un análisis del número de movimientos hechos por el Centro de Radiofarmacia, en el período del estudio, y el índice de transporte (IT) total por año. El índice de transporte de un bulto [1] proporciona una indicación de la tasa de dosis a 1 metro de su superficie.

La contribución principal al índice total de transporte fue debido a los bultos que contenían los generadores del tecnecio y el I-131 capsulas y solución acuoso de yoduro de sodio.

**Tabla III. Tipo de Material Analizado por Número de Bultos y Actividad**

Tipo de Material	# de Bultos/ año					Actividad (GBq/año)				
	2001	2002	2003	2004	2005	2001	2002	2003	2004	2005
Fluoruro de Potasio – 18F	0	1	6	0	0	0	7.4	30.0	0	0
18F-FDG	352	593	1058	1628	2150	483.7	858.2	3,070.7	5,612.2	8,572.0
Ácido Fosfórico – 32P	48	51	49	54	40	73.2	102.6	81.8	93.1	67.7
Fosfato de Sodio – 32P	43	34	26	19	13	31.2	26.4	22.6	19.5	26.3
Ácido Sulfúrico – 35S	3	2	1	0	0	1.1	0.7	0.4	0	0
Sulfato de Sodio – 35S	19	16	17	13	14	31.3	33.3	31.9	30.0	29.0
Cápsulas de 131I	1203	1832	2194	2425	3231	2,880.5	4,850.2	6,823.1	7,715.5	10,715.2
Azul de Metileno – 131I	0	0	0	2	1	0	0	0	0.9	0.2
Hippurato de Sodio – 131I	69	32	29	25	27	9.8	7.9	6.6	6.9	9.3
Lipiodol – 131I	3	16	29	20	26	4.9	31.8	74.9	52.5	58.3
Metaiodobenzilguanidina – 131I	860	804	769	819	951	280.7	255.8	307.1	405.0	490.7
Suero Albúmina Humano – 131I	18	16	23	5	4	0.7	0.6	0.9	0.2	0.1
Yoduro de Sodio – 131I	10294	11024	11025	11689	12298	27,202.4	31,020.4	35,430.4	41,275.6	47,264.3
Yoduro de Sodio – 123I	35	202	432	418	456	13.2	53.5	129.2	99.6	98.2
Metaiodobenzilguanidina – 123I	40	107	110	139	196	18.5	39.8	36.6	51.9	55.0
Suero Albúmina Humano – 125I	5	0	0	0	0	0.3	0	0	0	0
Suero Albúmina Humano – 51Cr	10	8	5	4	4	0.4	0.3	0.2	0.1	0.1
Cloruro de Cromo – 51Cr	26	28	29	26	26	86.6	77.7	51.4	48.1	48.1
Cromato de Sodio – 51Cr	141	157	135	111	135	38.4	32.4	30.2	22.9	25.8
EDTA – 51Cr	115	132	119	108	115	28.2	24.9	21.6	22.4	20.6
Citrato de Gálio – 67Ga	3233	3546	3888	4206	4665	1,389.6	1,506.2	1,651.2	1,847.7	2,106.5
Cloruro de Tálio – 201Tl	1450	1421	1464	1464	1589	622.0	567.3	557.7	512.7	559.7
EDTMP- 153Sm	368	419	358	349	276	1,215.9	1,417.8	1,238.1	1,215.8	1,015.6
153Sm	1	1	1	0	0	51.8	110.6	7.4	0	0
Hidroxiapatita - 153SM	3	3	4	22	29	11.1	2.8	8.0	61.0	72.2
Cloruro de Calcio – 45Ca	2	0	1	0	1	0.3	0	0.1	0	0.2
Citrato de Itrio – 90Y	0	0	7	14	22	0	0	5.2	10.0	18.7
Cloruro de Indio – 111In	0	0	0	41	116	0	0	0	7.7	14.0
Generador de 99Mo/99mTc	11313	11482	12003	12684	13264	465,201.0	484,200.5	515,345.3	549,070.8	594,932.3

**Tabla IV. Porcentual de Bultos Enviados por Carretera y por Aire**

Año	% de Bultos Enviados por Carretera / año	% de Bultos Enviados por Aire / año
2001	56.4	43.6
2002	55.5	44.5
2003	51.6	48.4
2004	53.9	46.1
2005	53.3	46.7

**Tabla V. Número de Movimientos hechos por el Centro de Radiofarmacia y Índice de Transporte (IT) Total por año.**

Año	Número de Movimientos	Índice de Transporte Total (IT)
2001	1396	21571.6
2002	1539	23546.9
2003	1855	22663.3
2004	2203	24752.0
2005	2715	27636.4

### 3. ENVÍOS PARA Y DESDE LOS SURTIDORES PRINCIPALES

El proveedor principal del Brasil obtiene Mo-99 de las compañías en Suráfrica y Canadá. Se envía en bultos del Tipo B cada uno con el IT alrededor de 3 a 4. Hay una entrega de 4 bultos del Tipo B por semana, transportada por carretera a partir del aeropuerto de São Paulo. Además, el material I-131, I-125, Cr-51, P-32, In-111 y Y-90, se obtiene de las compañías en Bélgica y Canadá en bultos del Tipo A una vez por semana.

Algunos radionucléidos, tales como isótopos del talio, del galio y del fluoruro, se hacen en los ciclotrones del IPEN/CNEN. El proveedor envía actualmente cerca de 270 generadores de tecnecio a la semana, junto con otros radionucléidos. El envío regular de F-18 es hecho de martes a viernes, dos veces al día en bultos del Tipo A.

Todos los transportistas deben presentar una logística para el transporte, el que permite hacer un reconocimiento de las rutas recorridas por ellos.

### 4. CONCLUSIONES

Los datos demuestran que la mayoría de los envíos se hacen por carretera, ya que alrededor de 20,000 bultos son transportados anualmente solamente por carretera y los demás involucran una

operación por aire y otra por carretera. Además, el análisis de los datos permite conocer las rutas que siguen los materiales hasta llegar al destinatario final y en situaciones de accidentes se puede, rápidamente identificar los materiales involucrados, al transportista y así implementar las primeras acciones para minimizar las consecuencias radiológicas. También se puede obtener el número de viajes y el IT total movido por viaje y anualmente para el sector médico, hechas por el Centro de Radiofarmacia.

## REFERENCIAS

1. Comissão Nacional de Energia Nuclear, *Transporte de Material Radioativo*, **Norma CNEN-NE-5.01**, DNE-35, RES.13/1988, D.O.U. 01/08/1988.
2. Comissão Nacional de Energia Nuclear, *Diretrizes Básicas de Proteção Radiológica*, **Norma CNEN-NN-3.01**, RES.27/2004, D.O.U. 06/01/2005.