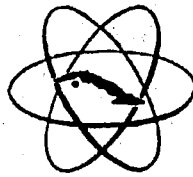


253

CU 9300-183

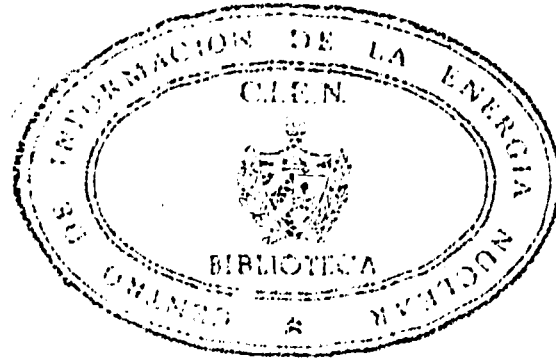


**OPTIMIZACION
DE LA VIGILANCIA RADIOLOGICA
INDIVIDUAL DE LOS TRABAJADORES
OCUPACIONALMENTE EXPUESTOS EN LA
REPUBLICA DE CUBA**

CPHR PR 92-02

CENTRO DE PROTECCIÓN E HIGIENE DE LAS RADIACIONES

We regret that some of the pages in the microfiche copy of this report may not be up to the proper legibility standards, even though the best possible copy was used for preparing the master fiche



**OPTIMIZACION
DE LA VIGILANCIA RADIOLOGICA
INDIVIDUAL DE LOS TRABAJADORES
OCUPACIONALMENTE EXPUESTOS EN LA
REPUBLICA DE CUBA**

CPHR PR 92-02

**Centro de Información de la Energía Nuclear
La Habana, 1992**

1. INTRODUCCION

En el año 1987 el Centro de Protección e Higiene de las Radiaciones comienza a brindar un servicio nacional de vigilancia radiológica de la exposición externa de los trabajadores ocupacionalmente expuestos (TOE) empleando para ello dosímetros filmicos. La política inicial consistía en otorgar a todos los TOE el dosímetro personal aún cuando la evaluación radiológica-preliminar del empleo de las radiaciones ionizantes evidenciaba que no era obligatoria dicha vigilancia. El presente trabajo analiza los resultados derivados del control dosimétrico de los TOE realizados durante el período 1987-1990, enuncia un criterio para la diferenciación de cuando será necesario dotar o no a los TOE con el dosímetro personal y propone concretamente el retiro del dosímetro a una serie de trabajadores como resultado de la aplicación de dicho criterio.

2. OBJETIVOS DE LA VIGILANCIA RADIOLOGICA DE LOS TOE

La vigilancia radiológica de los TOE tiene como objetivos fundamentales verificar el cumplimiento de los límites de dosis vigentes y confirmar la clasificación de las áreas de trabajo así como detectar fluctuaciones en las condiciones de trabajo.

El primer objetivo garantiza un control directo de la exposición individual del trabajador y posibilita la toma de medidas profilácticas en los casos en que potencialmente pueden ser superados los límites de dosis de mantenerse las condiciones o procedimientos de trabajo o la toma de medidas emergentes en los casos de ocurrencia de accidentes radiológicos. Obviamente en dependencia de la proximidad de las dosis individuales al límite se justificará en una mayor o menor intensidad, dicha vigilancia.

El segundo objetivo está muy relacionado con la necesidad de mantener las dosis individuales lo más bajo que sea razonablemente alcanzable. Una vez diseñada la instalación y aprobados los procedimientos de trabajo teniendo en cuenta criterios de optimización, las dosis individuales deberían corresponderse con las dosis mínimas previstas en el puesto de trabajo y su aumento reflejaría cambios negativos de las condiciones de trabajo o una errónea clasificación a priori de las áreas o zonas de trabajo (controladas o supervisadas). En la consecución de este objetivo también juega un papel importante la vigilancia radiológica de zona que incluso resulta más efectiva debido a la posibilidad de efectuar controles más frecuentes y por ende posibilita la toma de medidas correctoras con mayor premura.

3. RECOMENDACIONES Y DISPOSICIONES RELATIVAS A LA OBLIGATORIEDAD DE LA VIGILANCIA RADIOLÓGICA DE LOS TOE.

3.1 Recomendaciones internacionales.

Las principales organizaciones internacionales que abordan el problema de la vigilancia radiológica son la Comisión Internacional de Protección Radiológica (CIPR) y el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA): Las publicaciones No. 26 de 1977 y la No. 60 de 1991 constituyen los documentos básicos utilizados por el OIEA para elaborar sus Colecciones Seguridad No. 9 y 14 utilizados por la mayoría de los países para elaborar sus normas y reglamentos nacionales.

La Publicación No. 26 de la CIPR, que corresponde a una filosofía anterior en materia de protección radiológica, define dos condiciones de trabajo A y B y recomienda la obligación de establecer un control radiológico para los TOE que laboran en condiciones de trabajo A y expresa que no suele ser necesaria la vigilancia para aquellos que laboran en condiciones de trabajo B. Específicamente las condiciones de trabajo A son aquellas en las cuales las exposiciones anuales de los TOE pueden sobrepasar tres décimos de los límites de dosis, mientras que las condiciones de trabajo B se dan cuando es sumamente improbable que las exposiciones anuales sobrepasen tres décimos de los límites. Atendiendo a que el límite de dosis equivalente de cuerpo entero vigente en Cuba es 50 mSv, los tres décimos o sea 15 mSv corresponderían a la barrera que dividiría cuando es obligatorio y cuando es opcional la vigilancia radiológica individual.

Las nuevas recomendaciones de la CIPR contenidas en la Publicación 60 se apartan completamente del concepto de condiciones de trabajo y no considera una barrera que establezca la obligatoriedad de la vigilancia. En este sentido expresa solo que la vigilancia no es razonable cuando se demuestre que la exposición de los TOE es consistentemente baja, entendiéndose como dosis baja por ejemplo un valor de 5 mSv.

3.2 Disposiciones vigentes en el país.

Los documentos técnicos-normalizativos que reflejan aspectos de la vigilancia radiológica de los TOE son el decreto No. 142 "Reglamento para el trabajo con sustancias radiactivas y otras fuentes de radiaciones ionizantes" y la norma NC.6901:81 "Normas Básicas de Seguridad", ambos documentos están vigentes desde 1988 y 1981 respectivamente. El Decreto No. 142 no se manifiesta respecto a la obligatoriedad de establecer la vigilancia para los TOE. Este aspecto es expuesto en la Norma Cubana (NC.6901:81) exigiendo la vigilancia obligatoria para los TOE que laboran en

condiciones A y expresando que los TOE que laboran en condiciones B. no necesitarán someterse al control individual, aunque en algunos casos puede practicarse el control individual con el objeto de confirmar que las condiciones son satisfactorias.

4. CRITERIO NACIONAL PROPUESTO PARA EL ESTABLECIMIENTO DE LA VIGILANCIA DE LOS TOE.

Como se observa, la legislación vigente en Cuba refleja aún conceptos y criterios de la publicación 26 del CIPR en lo referente a la vigilancia radiológica individual. Partiendo de la frontera establecida de tres décimos de los límites, o sea 15 mSv en el caso de la exposición de cuerpo entero y la estadística de dosis individuales de los últimos 4 años, se puede prever que en muchos puestos de trabajo e incluso en prácticas completas es sumamente improbable sobrepasar dicha fracción del límite, y por lo tanto se justificaría suspender la vigilancia radiológica individual de todo un gran grupo de TOE. Ahora bien la actual filosofía en la protección radiológica le otorga gran peso al concepto de optimización de las exposiciones a las radiaciones ionizantes considerando solo no justificada la vigilancia cuando esta exposición es suficientemente baja. Tomando en cuenta este aspecto, se propone como criterio nacional para el establecimiento de la vigilancia radiológica de un trabajador que la misma será justificada cuando las dosis individuales en grupos ocupacionales a fines y la evaluación radiológica del puesto de trabajo (ambas inclusive) evidencia que la probabilidad de recibir dosis debido a exposición externa superiores a 5 mSv tanto en situaciones normales como anormales pueda ser superior a 10^{-3} .

La optimización de la vigilancia radiológica individual tiene que tener en cuenta también la frecuencia con que se debe realizar las mediciones previstas en los programas de monitoreo de zona así como la frecuencia de cambio del dosímetro personal.

En ambos casos la frecuencia va a estar determinada por factores técnicos y funcionales. A medida que se disminuye la frecuencia de la vigilancia, disminuye el trabajo administrativo y los costos de funcionamiento asociados a la vigilancia, sin embargo, aumenta la incertidumbre respecto al nivel de exposición de los TOE con lo cual disminuye la velocidad de respuesta para tomar medidas correctoras o atender a determinado personal. En el caso del dosímetro personal específicamente la disminución de la frecuencia, o sea la prolongación del período de utilización del dosímetro, estará también limitada por la posible pérdida de la información acumulada lo que es conocido como el fenómeno de desvanecimiento ("fading").

Los periodos de utilización del dosímetro internacionalmente oscilan entre 1 y 3 meses como máximo.

5. EVALUACION DEL NIVEL DE EXPOSICION DE LAS RADIACIONES IONIZANTES EN LOS DIFERENTES GRUPOS OPERACIONALES DURANTE EL PERIODO 1987-1990.

5.1 Métodos empleados en la evaluación.

El estudio de la distribución de las dosis recibidas por los TOE se realizó para un grupo de aproximadamente 1500 trabajadores que laboraban en todas las aplicaciones de las radiaciones ionizantes, excepto el diagnóstico médico con rayos x. Los TOE fueron divididos atendiendo a las aplicaciones siguientes: Medicina Nuclear, Gammaterapia, Roentgenterapia, Investigación con radiación x, Control aduanal, empleo de material radiactivo en forma abierta (fuentes abiertas), empleo de irradiadores industriales y semindustriales (Fuentes Potentes), Prospección geológica, Radiografía Industrial (X y Gamma)

La evaluación de la distribución de las dosis recibidas por aplicaciones, se realizó por bandas o gamas de dosis cuya amplitud varió en 1 mSv para valores entre 3 y 10 mSv, en 2 mSv entre 10 y 20 mSv y 10 mSv para valores superiores a 20 mSv.

Para cada gama de dosis se determinó el número de casos obtenidos y la frecuencia acumulativa. Esta última magnitud expresa la probabilidad de que las dosis individuales fueran inferiores al valor superior de dosis de la gama considerada.

5.2 Resultados obtenidos

En la Tabla No. 1 se muestran los resultados de las distribuciones de dosis obtenidos en el periodo 1987-1990, para las diferentes prácticas. Como se observa la vigilancia radiológica es sumamente importante en las prácticas: Medicina Nuclear, Gammaradioterapia, empleo de fuentes abiertas y radiografía industrial gamma donde el nivel de exposición es mayor. En el resto de los casos coinciden fundamentalmente con las técnicas asociadas al empleo de equipos de rayos x (roentgenterapia, investigación, control aduanal y radiografía industrial con rayos x) se puede ver que la frecuencia de casos que reciben dosis superiores a los 5 mSv es muy pequeña y solo en algunos años es mayor que 0.

Esta situación indica que los esfuerzos por aplicar criterios de optimización deben dirigirse primeramente a este tipo de prácticas y dentro de las prácticas a aquellas técnicas que garantizan la mayor seguridad radiológica del trabajador.

6. PROPUESTA DE OPTIMIZACION DE LA VIGILANCIA RADIOLOGICA DE LOS TOE.

6.1 Técnicas en las que los TOE no necesitan someterse a la vigilancia radiológica individual.

Si se aplica el criterio expuesto en el acápite 4 para determinar en que técnicas dentro de las respectivas prácticas no se justifica la vigilancia radiológica de individuos se puede afirmar que en las siguientes el control no es justificado:

- 1.- Técnicas de difracción y fluorescencia con el empleo de equipos de diseño de tipo autoblandado.
- 2.- Control aduanal con el empleo de equipos de diseño de tipo autoblandado.
- 3.- Técnicas de radioinmunoanálisis.

En el APENDICE 1 se muestran las evaluaciones realizadas para llegar a esta conclusión.

6.2 Frecuencia de cambio en la película dosimétrica.

Teniendo en cuenta que en la mayoría de las prácticas analizadas los niveles de exposición son bastante bajos, básicamente inferiores a tres décimos del límite para cuerpo entero, se considera apropiado la prolongación del período de utilización de la película de un mes a tres meses con la consiguiente reducción de recursos y sin que esta medida afecte la calidad del control. Los estudios de fading realizados corroboran que en las condiciones ambientales nuestras, la información acumulada en el dosímetro prácticamente no varía después del mes.

6.3 Propuesta de control en el resto de las prácticas.

En el resto de las prácticas es recomendable evaluar sobre la base del criterio expuesto en el acápite 4 el grado de justificación de la vigilancia radiológica de los TOE para los diferentes puestos de trabajo. Como se observa en la tabla No.1 más del 90 % del total de TOE en cada práctica recibe dosis anuales inferiores a 5 mSv.

TABLA No.1

Resumen de las distribuciones de dosis en las diferentes prácticas

No.	Grupo ocupacional	Gama de dosis (mSv)	Número de TOE				Frecuencia acumulativa			
			1987	1988	1989	1990	1987	1988	1989	1990
1	Medicina Nuclear	< 3	94	87	80	113	73.4	70.2	56.7	67.3
		3 - 4	15	19	19	19	85.2	85.5	70.2	78.6
		4 - 5	9	6	11	6	92.2	90.3	78.0	82.1
		5 - 6	1	3	9	6	93.0	92.7	84.4	85.7
		6 - 7	2	4	3	5	94.5	96.0	86.5	88.7
		7 - 8	1	2	2	4	95.3	97.6	87.9	91.1
		8 - 9	2	0	2	4	96.9	97.6	89.4	93.5
		9 - 10	2	0	4	2	98.4	97.6	92.2	94.6
		10 - 15	1	3	7	6	99.2	100.0	97.2	98.2
		15 - 20	1	0	3	1	100.0		99.3	98.8
		20 - 30	0	0	1	2			100.0	100.0
2	Gamaterapia	< 3	124	115	129	110	73.8	68.1	73.7	72.9
		3 - 4	22	22	19	18	86.9	81.1	84.6	84.8
		4 - 5	8	6	6	7	91.2	84.6	88.0	89.4
		5 - 6	2	5	7	3	92.9	87.6	92.0	91.4
		6 - 7	5	2	0	2	95.8	88.8	92.0	92.7
		7 - 8	2	4	4	2	97.0	91.1	94.3	94.0
		8 - 9	2	7	1	2	98.2	95.3	94.9	95.4
		9 - 10	1	1	1	0	98.8	95.9	95.4	95.4
		10 - 15	1	5	4	2	99.4	98.8	97.7	96.7
		15 - 20	1	2	3	0	100.0	100.0	99.4	96.7
		20 - 30	0	0	1	2			100.0	98.0
30 - 40	0	0	0	1				98.7		
40 - 50	0	0	0	2				100.0		
3	Roentgen-terapia	< 1	4	12	31	8	26.7	66.7	88.6	100.0
		1 - 2	3	1	2	0	46.7	72.2	94.3	
		2 - 3	3	4	0	0	66.7	94.4	94.3	
		3 - 4	1	1	0	0	73.3	100.0	94.3	
		4 - 5	4	0	0	0	100.0		94.3	
		5 - 6	0	0	0	0			94.3	
		6 - 7	0	0	0	0			94.3	
		7 - 8	0	0	0	0			94.3	
		8 - 9	0	0	1	0			97.1	
		9 - 10	0	0	0	0			97.1	
		10 - 15	0	0	0	0			97.1	
15 - 20	0	0	1	0			100.0			

TABLA No. 1 (continuación)

No.	Grupo ocupacional	Gama de dosis [mSv]	Número de TOE				Frecuencia acumulativa			
			1987	1988	1989	1990	1987	1988	1989	1990
4	Investigaciones con rayos X	< 1	1	49	63	53	100.0	98.0	98.4	98.1
		1 - 2	0	1	1	0		100.0	100.0	98.1
		2 - 3	0	0	0	0				98.1
		3 - 4	0	0	0	1				100.0
5	Control aduanal	< 1	98	117	120	118	86.0	98.3	100.0	95.9
		1 - 2	0	0	0	0	86.0	98.7		95.9
		2 - 3	0	0	0	5	86.0	98.3		100.0
		3 - 4	1	0	0	0	86.8	98.3		
		4 - 5	13	1	0	0	98.2	99.2		
		5 - 6	0	1	0	0	98.2	100.0		
		6 - 7	0	0	0	0	98.2			
		7 - 8	0	0	0	0	98.2			
		8 - 9	1	0	0	0	99.1			
		9 - 10	0	0	0	0	99.1			
	10 - 15	1	0	0	0	100.0				
6	Fuentes abiertas	< 3	313	341	431	408	97.2	98.8	90.2	88.7
		3 - 4	1	3	31	33	97.5	99.7	96.7	95.9
		4 - 5	0	0	13	7	97.5	99.7	99.4	97.4
		5 - 6	0	0	0	4	97.5	99.7	99.4	98.3
		6 - 7	8	0	1	1	100.0	99.7	99.6	98.5
		7 - 8	0	1	0	2		100.0	99.6	98.9
		8 - 9	0	0	0	2			99.6	99.4
		9 - 10	0	0	0	0			99.6	99.4
		10 - 15	0	0	2	1			100.0	99.6
		15 - 20	0	0	0	1				99.8
	20 - 30	0	0	0	1				100.0	
7	Fuentes potentes	< 3	35	32	29	44	100.0	100.0	95.5	100.0
		3 - 4	0	0	1	0			96.7	
		4 - 5	0	0	0	0			96.7	
		5 - 6	0	0	0	0			96.7	
		6 - 7	0	0	1	0			100.0	
8	Prospección Geológica	< 3	129	180	162	138	100.0	100.0	96.4	98.6
		3 - 4	0	0	6	2			100.0	100.0
9	Radiografía industrial con rayos X	< 1	40	48	98	126	97.6	100.0	85.2	98.4
		1 - 2	0	0	0	0	97.6		85.2	98.4
		2 - 3	0	0	16	2	97.6		99.1	100.0
		3 - 4	0	0	1	0	97.6		100.0	
		4 - 5	1	0	0	0	100.0			

TABLA No. 1 (continuación)

No.	Grupo ocupacional	Gama de dosis [mSv]	Número de TOE				Frecuencia acumulativa			
			1987	1988	1989	1990	1987	1988	1989	1990
10	Radiografía industrial gamma	< 3	167	250	186	191	94.4	90.3	80.5	86.8
		3 - 4	2	19	31	13	95.5	97.1	93.9	92.7
		4 - 5	1	3	6	7	96.0	98.2	96.5	95.9
		5 - 6	0	0	2	5	96.0	98.2	97.4	98.2
		6 - 7	6	2	1	0	99.4	98.2	97.8	98.2
		7 - 8	0	1	2	1	99.4	99.3	98.7	98.6
		8 - 9	0	1	1	1	99.4	99.6	99.1	99.1
		9 - 10	0	0	1	0	99.4	99.6	99.6	99.1
		10 - 15	1	1	1	1	100.0	100.0	100.0	99.5
		15 - 20	0	0	0	1				100.0

APENDICE 1

Técnicas en las cuales no se justifica la vigilancia radiológica de los TOE.

1.- Empleo de equipos de rayos X de diseño de tipo autoblandado (utilizados en estudio de difracción, fluorescencia o en control aduanal).

a) Probabilidad de que las dosis individuales sean superiores a 5 mSv en operación normal (pn).

La casi totalidad de estos equipos tienen tasas de dosis equivalentes en la superficie del blindaje, inferiores a $2 \mu\text{ Sv/h}$ lo que suponiendo una exposición de la persona durante 2000 h al año representaría dosis anual de 4 mSv o sea, con toda seguridad inferior al valor considerado. Esto implica que pn, es inferior a 10^{-3} .

b) Probabilidad de que las dosis individuales sean superiores a 5 mSv en condiciones anormales (pa)

Los sucesos anormales en este tipo de técnica son fundamentalmente el debilitamiento del blindaje producto de una acción incorrecta ejecutada durante el mantenimiento o reparación del equipo o la pérdida de blindaje espontánea asociada solo a desperfectos del equipo. En el primer caso el monitoreo de zona a realizarse de forma obligatoria tras los trabajos de mantenimiento constituye la medida efectiva para garantizar que no ocurran alteraciones de los niveles de dosis alrededor del equipo y que la exposición se mantenga a niveles tan bajos como los descritos en el inciso a). En el segundo caso no se conocen antecedentes en el país de sucesos de este tipo no obstante es sumamente improbable que el mismo ocurriera sin que se percate de eso el operador y detenga el funcionamiento del equipo debido a los ruidos que necesariamente realizaría la desarticulación de las estructuras blindantes. En todo caso se considera que la probabilidad de la pérdida espontánea del blindaje por parte de estos equipos sea inferior a 10^{-3} .

2. Radioinmunoanálisis

En esta técnica se emplean KIT de Co 57, Cr 51, I 125 y Tritio. Los KIT de tritio tienen una actividad de 1 mCi, en el resto de los casos tienen a lo sumo $10 \mu\text{Ci}$. Desde el punto de vista de la exposición externa, solamente es importante la operación normal. La ocurrencia de sucesos anormales como la contaminación radiactiva producto de incidentes es controlada fundamentalmente con el control de la contaminación interna cuyo análisis no es objeto del presente trabajo.

Con vistas a evaluar la exposición externa a radiación gamma de los TOE que trabajan en el pipeteo de los KIT (operación más riesgosa), determinamos la actividad máxima que pueden contener los KIT para garantizar que el TOE que realice 2 técnicas de RIA

por día, expuestos 1 hora por técnica, situado a la altura del torzo a una distancia de 30 cm de KIT, reciba una dosis anual igual a 5 mSv. Para el cálculo consideramos que los KIT no están blindados y que son fuentes puntuales. Con estas condiciones (tiempo de exposición 2 horas x 5 días x 50 semanas o sea 500 horas al año, distancia 30 cm y dosis máxima a recibir 5 mSv) el problema consiste en obtener la actividad de la fuente que origine a 30 cm una tasa de dosis equivalente de 0,01 mSv/h. Para esto podemos apoyarnos en los valores A1 de la Colección Seguridad No. 6 del OIEA "Reglamento para el transporte seguro de materiales radiactivos" calculados de modo que la tasa de dosis equivalente a la distancia de 1 metro de una fuente puntual origine una tasa de dosis equivalente de 100 mSv/h. Esto representa que una fuente de actividad A1 originará a 30 cm una tasa de dosis de 10^3 mSv/h aproximadamente lo que significa un valor de 10^5 veces mayor que nuestra tasa de dosis máxima permisible. A continuación la Tabla No. 2 muestra los valores de A1 para los diferentes radionúclidos considerados y los resultados de cálculo denotados como Ar.

TABLA No. 2.

Resultados de cálculo de la actividad máxima a manipular en RIA para recibir una dosis anual igual a 5mSv.

Radionúclido	A1 (Ci)	Ar (mCi)
cobalto-57	200	2
cromo-51	800	8
iodo-125	500	5

Como se puede ver en el caso de los emisores gamma la actividad máxima a manipular para recibir 5 mSv está en el orden de 200 a 800 veces mayor que la actividad real que manipulan los TOE en la técnica de RIA. En otras palabras que las dosis que recibiría dicho personal serían cuando más del orden de decenas de μ Sv.

En el caso del tritio, aún cuando no es factible detectar este tipo de radiación beta blanda con la película dosimétrica, un cálculo similar considerando que la dosis máxima permisible para el año sea un décimo del límite de 500 mSv para la piel, o sea 50 mSv, obtenemos según igual procedimiento que en el caso de los radionúclidos anteriores que la actividad Ar sería 10^5 veces menor que la actividad A1 tomada de la Colección Seguridad No. 6 del OIEA. La actividad A1 de la Colección Seguridad también toma en cuenta que el límite a considerar es para la dosis en la piel en el caso del tritio. Si tenemos en cuenta que A1 para el tritio es 1000 Ci obtenemos que Ar es 10 mCi, lo que representa 100 veces más que la actividad manipulada en la técnica de RIA.

Tomando en cuenta ambos análisis se puede concluir que la probabilidad de recibir dosis superiores a 5mSv por parte de los TOE de radioinmunoanálisis es inferior a 10^{-3} lo que no justifica la vigilancia de la exposición externa de este personal.