



Desmantelamiento De Un Irradiador Tipo Mpx- Γ - 25m Y De Un Irradiador De Neutrones

Dania Soguero¹, Mercedes Guerra¹, Enrique Prieto¹, Luis Desdin¹

¹ Centro de Aplicaciones Tecnológica y Desarrollo Nuclear (CEADEN).

Calle 30 e/ 5ta y 7ma, Miramar, Playa, La Habana, Cuba

sdania@ceaden.edu.cu

RESUMEN

En este trabajo se desarrolla una tecnología, con sus procedimientos, en radioprotección destinado a garantizar la seguridad del proceso de desmantelamiento de dos irradiadores.

Se describen ambos procesos, el proceso de desmantelamiento de un irradiador neutrónico de $4.44 \cdot 10^{11}$ Bq, empleado en la radiomutagénesis vegetal, y el desmontaje de una instalación de irradiación gamma de $3.33 \cdot 10^{12}$ Bq, autoblandada de categoría I, modelo MPX - γ - 25M. Los objetivos específicos planteados consisten en: a) identificar los aspectos del aseguramiento contractual, de recursos humanos y técnicos, b) evaluar la situación radiológica del proceso y c) analizar los potenciales sucesos radiológicos extraordinarios en cada uno de los pasos del proceso, garantizando las respuestas adecuadas. La evaluación de sucesos radiológicos descritos puede servir de referencia para abordar el proceso de desmontaje de otros irradiadores similares.

1. INTRODUCTION

El cierre de instalaciones de irradiación que han concluido su vida útil según el criterio del fabricante constituye una necesidad apremiante para nuestra institución, con vistas a reducir riesgos radiológicos y liberar espacio para la instalación de un nuevo irradiador que se recibirá próximamente. Entre estas instalaciones se encontraban el irradiador autoblandado MPX - Γ - 25M, y un irradiador de neutrones construido en el CEADEN.

El irradiador de neutrones fue concebido para la mutagenización de semillas a través del proceso de irradiación utilizando 4 fuentes de Am-Be con una actividad de 3 Ci. Las fuentes están distribuidas en forma circular dentro de una masa de parafina, con un tapón, esta a su vez se encuentra dentro de otra masa también circular de parafina y ambas están dentro de un cilindro de plomo. El armazón que las cubre es un contenedor cuadrado de 2 m de altura.

Este irradiador de neutrones se encuentra ubicado en el local del irradiador de Co 60 en el departamento de radio biología, planta baja del edificio central del CEADEN. Colinda con áreas del generador de neutrones y el pasillo lateral izquierdo del edificio en la planta alta se encuentran los laboratorios de biología molecular.

Por la imposibilidad de contratar al fabricante para las tareas de clausura y a la no disponibilidad del equipamiento (contenedores, instrumentación y herramientas de manipulación) y el personal especializado, entrenado y certificado para tales fines, al abordar el desmontaje del irradiador autoblandado de investigación del tipo MPX- γ - 25M del CEADEN (una instalación de Irradiación de categoría I) se elaboró un procedimiento, dividido este en tres etapas: a) aspectos regulatorios y contractuales, b) desmontaje realizado por el titular de la instalación a partir de su experiencia de explotación y c) traslado del bulto radiactivo por un contratista especializado. El procedimiento desarrollado recibió la aprobación de la autoridad regulatoria (CNSN) para regir el proceso de cierre definitivo del irradiador autoblandado MPX - Γ - 25M del CEADEN, como se certifica en el documento CH51 – L05 (077)08.

El desmantelamiento del irradiador neutrónico en cuestión es una tarea atípica por tratarse de un prototipo de diseño único, que no previó un proceso de desmantelamiento ágil. Ello determinó que todas las operaciones para tal fin tuvieran igualmente varias etapas. Además, las evaluaciones de los tiempos estimados en las etapas, no podían excluir a priori, imprevistos ocasionados por factores como la corrosión o problemas de tolerancias y ajustes frecuentes en prototipos.

En el presente trabajo se reportan las experiencias y el procedimiento empleado para el proceso de desmantelamiento de un irradiador neutrónico de $4.44 \cdot 10^{11}$ Bq, destinado a la radiomutagénesis vegetal, y de un irradiador gamma de $3.33 \cdot 10^{12}$ Bq, autoblandado, modelo MPX - Γ - 25M.

MATERIALES Y MÉTODOS

El fundamento regulatorio para la elaboración de los procedimientos fue la normativa [4] que reglamenta las actividades de clausura y sus premisas conceptuales para el irradiador gamma fueron las siguientes: a) dada la estructura de la instalación y la hermeticidad comprobada de sus fuentes, resultaba viable desarrollar un procedimiento de desmontaje del irradiador como un todo, garantizando que la probabilidad de sucesos radiológicos fuera mínima, b) el irradiador era una instalación relativamente sencilla y su diseño limitaba estrictamente el movimiento de sus sistemas a una secuencia de pasos univoca, peculiaridad que determinaba que la ocurrencia de eventos en su desmontaje, que condujeran a exposiciones potenciales tenían un desarrollo lineal de manera que cada evento hipotético anormal conducía a un solo escenario de exposición potencial (no existían otras alternativas o ramificaciones) y c) las técnicas, los equipamientos y los pasos a emplear en el procedimiento de desmontaje debían satisfacer los criterios de sencillez y confiabilidad.

En el caso del irradiador de neutrones, al poder acceder a las fuentes radiactivas se realizaron pruebas de hermeticidad directamente a las fuentes aplicando las normas ISO 9978 y 2919, comprobando así que las fuentes se encontraban en estado hermético y por tanto, no existía posibilidad de contaminación radiactiva.

IRRADIADOR DE NEUTRONES

Estimación de la dosis efectiva

Consideraciones

Se considera una fuente puntual pues las dimensiones de la fuente son pequeñas en relación con el punto de interés a medir.

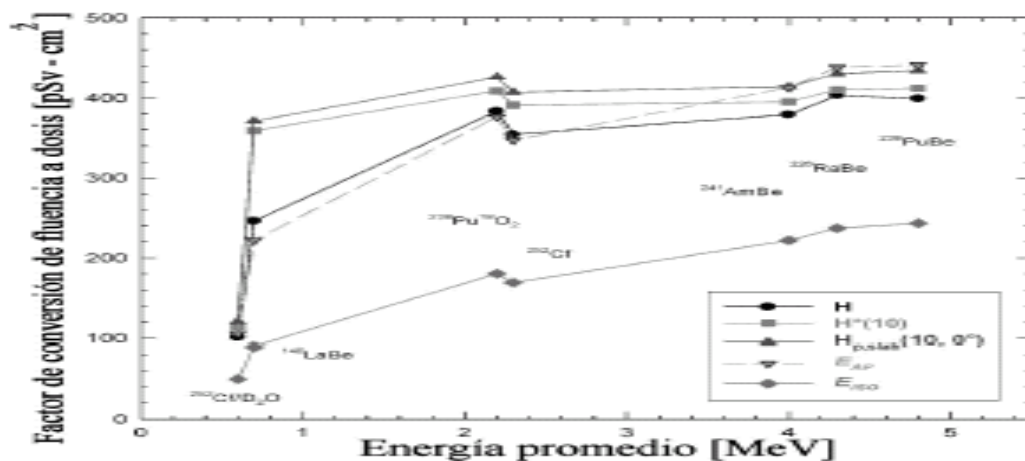


FIGURA 8. Factores de conversión de fluencia a dosis en función de la energía promedio de las fuentes.

TABLA I. Factores de conversión de fluencia a dosis de cada fuente.

Fuente	Energía Promedio [MeV]	H [pSv·cm ⁻²]	H*(10) [pSv·cm ⁻²]	H _{p,stab} (10,0°) [pSv·cm ⁻²]	E _{AP} [pSv·cm ⁻²]	E _{ISO} [pSv·cm ⁻²]
²⁵² Cf/D ₂ O	0.6	101	115	120	105	50
¹⁴⁰ LaBe	0.7	246	359	371	222	90
²³⁸ Pu- ¹⁸ O ₂	2.2	383	409	426	376	180
²⁵² Cf	2.3	354	391	407	347	169
²⁴¹ AmBe	4.0	379	395	414	413	222
²²⁶ RaBe	4.3	403	410	430	438	237
²³⁹ PuBe	4.8	399	412	434	441	243

$$E = C(En) \cdot \phi(En)$$

E: dosis efectiva (Sv)

C (En): coeficiente de conversión de dosis

φ: Fluencia de neutrones (m⁻²)

Energía: 4,5 Mev

A_e: emisión de neutrones

T: tiempo de exposición

R: distancia al punto de interés

$$A_e = 6,6 \times 10^6 \text{ n/s}$$

T: 30 min

R: 1 m

Sabiendo que la fluencia es

$$\phi = (Ae * t) / 4 \pi r^2$$

$$\phi = 9.3 \times 10^8 \text{ m}^{-2}$$

Por lo tanto la dosis efectiva calculada recibida en la operación es

$$E = 0.038 \text{ mSv}$$

Cada trabajador realizando las operaciones en un tiempo de 30 minutos recibió una dosis efectiva de 0.038 mSv.

Teniendo en cuenta que esta operación no se va a realizar nuevamente podemos decir que no se supera el límite anual de dosis (20 mSv). Además el tiempo real que demoro toda la operación fue de 15 min. aplicando el procedimiento anterior se obtiene que la dosis equivalente recibida por cada trabajador expuesto a radiaciones es de 0,019 mSv.

Los trabajadores expuestos a radiaciones que intervinieron en este trabajo extrayendo las fuentes demoraron 1 minuto, el trabajador que tomo las mascararas demoro 3 minutos, los que depositaron las fuentes en su contenedor demoraron 1 minuto.

Cálculo del monitoreo ambiental

Determinación de la dosis equivalente ambiental

Calculando el flujo de neutrones se tiene que

$$\Phi = Ae / 4\pi r^2$$

$$\Phi = 52.5 \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$$

Φ : flujo de neutrones ($\text{cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$)

$$H^*(10) = \Phi * C(E_n) * 10^{-12} * 10^6$$

$$H^*(10) = 0.027 \text{ uSv/s}$$

T= 30 min.

$$H^*(10) = 37.3 \text{ uSv} = 0.037 \text{ mSv}$$

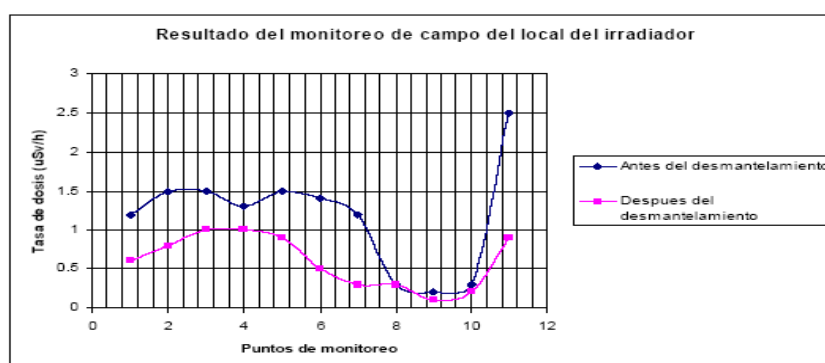
T= 15 min

$H^*(10) = 18.6 \text{ uSv/s} = 0.0186 \text{ mSv}$

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el proceso del desmantelamiento del irradiador de neutrones (fig.1 y 2) la dosis es la suma de la radiación gamma (y rayos X) y la debida a los neutrones. La dosis neutrónica fue estimada, mientras que la dosis gamma (y de rayos X) fue estimada y determinada por dosimetría TLD personal. Previo a la operación se pronosticó un tiempo total de unos 30 minutos y una dosis efectiva neutrónica de 0.038 mSv para cada participante. En la práctica el tiempo real fue de 15 minutos con una dosis estimada en 0.019 mSv por participante. La mayor exposición se correspondió a los pasos de a) extracción de la fuente (1 minuto), b) toma de la máscara (1 minuto) y c) depósito de la fuente en su contenedor (1 minuto). La contribución mayor de la dosis gamma (y rayos X) se debió a la línea de 60 KeV del ^{241}Am y fue estimada en $5.57 \mu\text{Sv}$ para cada trabajador. Las dosis registradas por los dosímetros TLD del personal involucrado resultaron inferiores a los límites de detección (0.1 mSv) y confirman lo correcto de la evaluación previa. El caso más crítico correspondía a la dosis en extremidades debida a los neutrones en el momento de la toma de la máscara. Su valor fue estimado en 4.3 mSv.

En el local de la instalación se realizaron mapeos de dosis antes y después del desmantelamiento de este, en 11 puntos claves para la permanencia del personal. En la figura se muestra el comportamiento de las tasas de dosis. Como se infiere del gráfico la reducción de la misma fue del 23 al 75% en dependencia de la zona monitoreada.



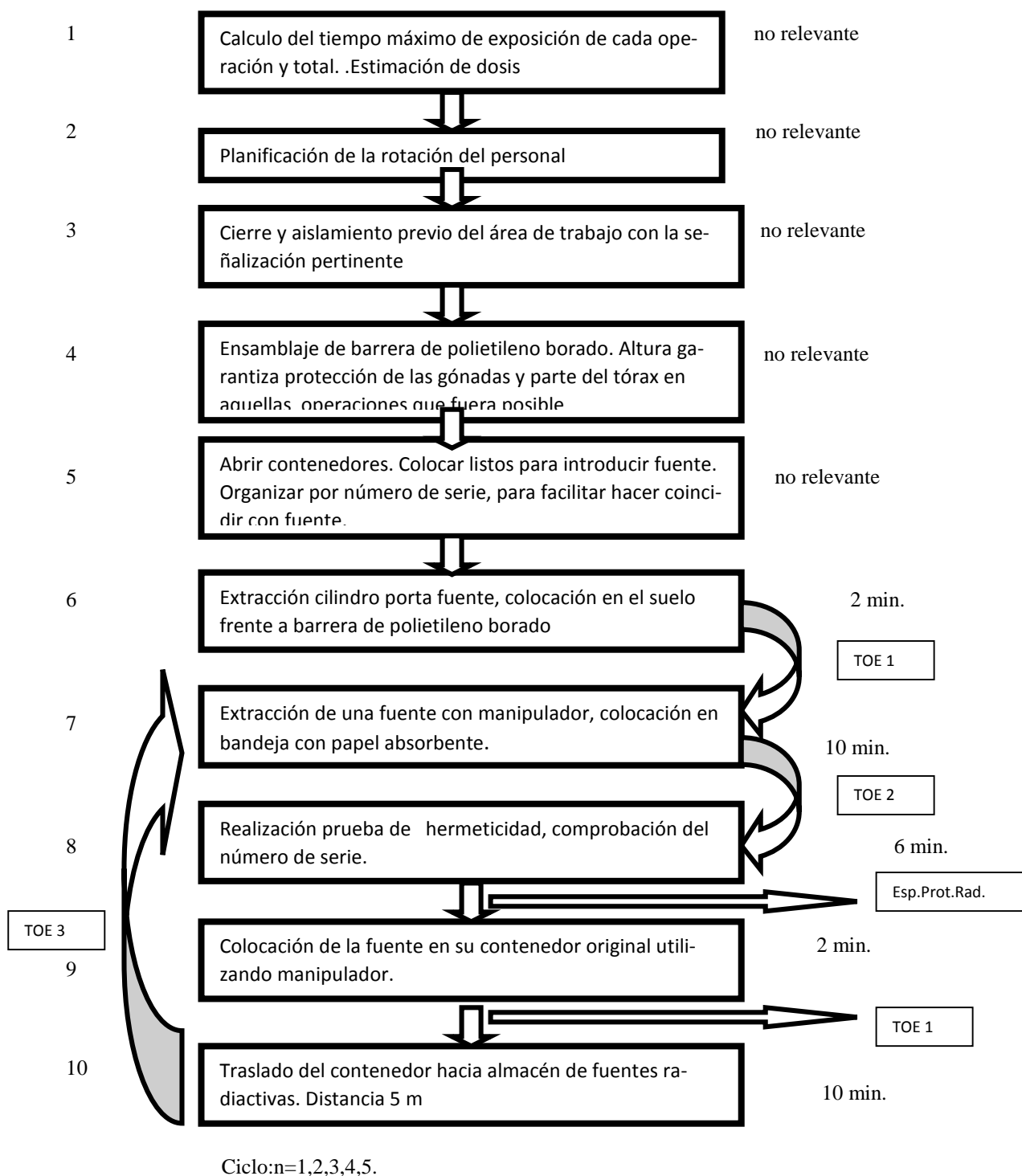


Fig.1 Etapas del desmantelamiento del irradiador de neutrones.



Fig. 2 *Pasos de desmantelamiento del irradiador de neutrones*

En el caso del irradiador gamma MPX- γ -25M se desarrolló un procedimiento de desmontaje para una instalación de irradiación autoblandada del tipo MPX - γ - 25M estructurado en etapas y pasos. Se realizó una evaluación radiológica de todo el proceso (tabla1) y se identificaron los sucesos radiológicos que se consideran entrañan mayor peligro al ejecutarse el proceso de desmontaje: 1) la caída del vástago del irradiador provocando la abertura del cono de irradiación, que puede ocurrir en cualquiera de los pasos de esta etapa posteriores a la desconexión del sistema eléctrico, 2) el incendio, 3) la caída del contenedor de la fuente desde la grúa de izaje, 4) la caída del

contenedor con las fuentes en el paso correspondiente a su traslado hasta el montacargas, 5) la falta de fluido eléctrico. Para cada uno de estos se elaboraron las medidas correctivas pertinentes.

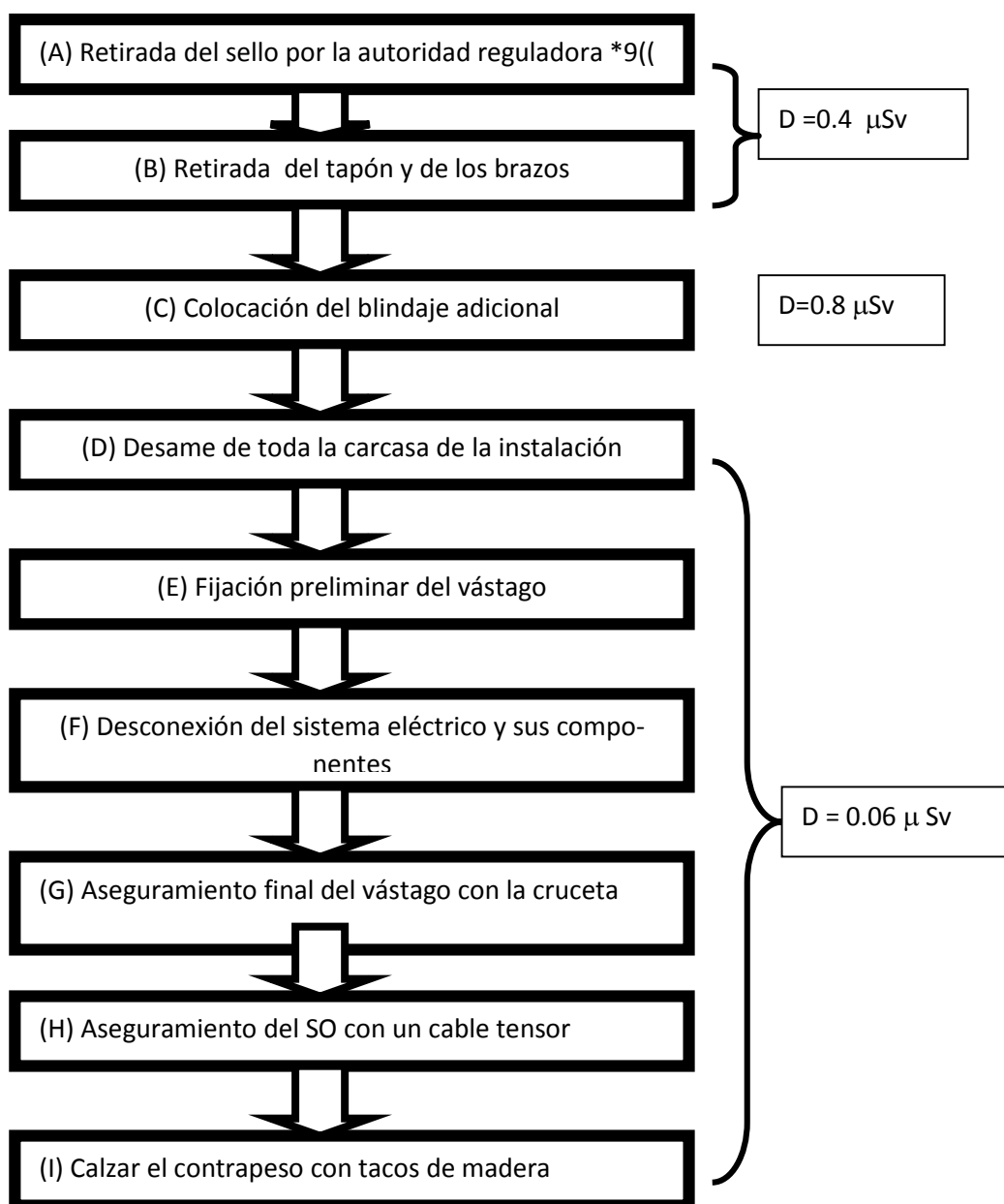


Fig.3 Etapa de desmontaje del irradiador gamma.

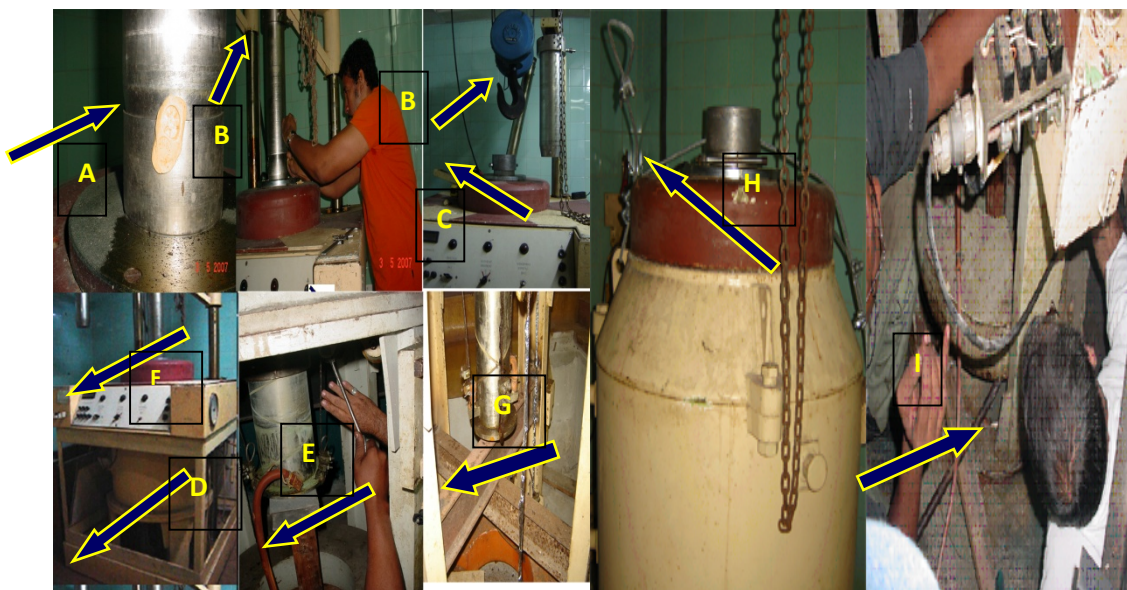


Fig. 4 Pasos del desmontaje

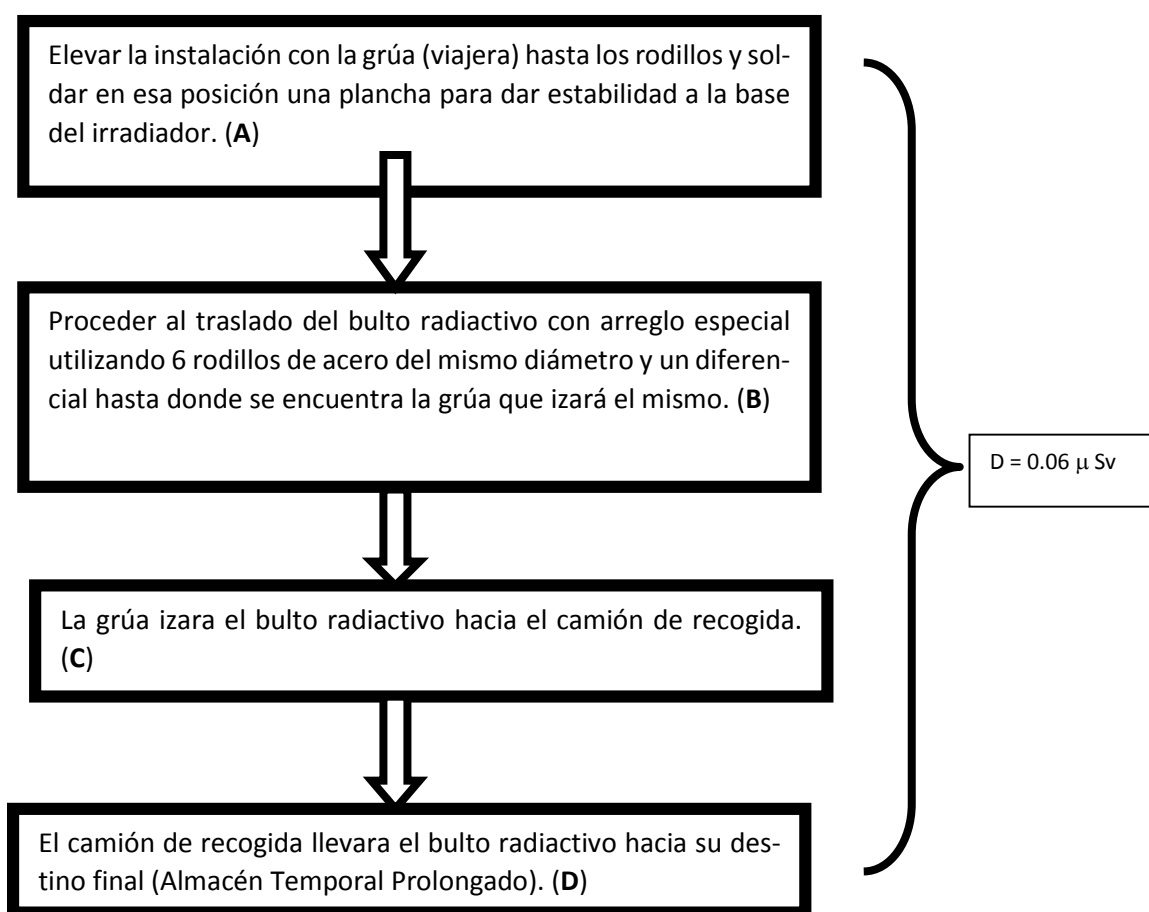


Fig.5 Etapa de traslado del irradiador gamma.**Fig.6** Pasos del traslado**Tabla 1.** Análisis de sucesos radiológicos en el desmantelamiento del irradiador gamma

Accidente	Evaluación	Medida
Caída del vástago hacia la posición inferior quedando abierto el cono de irradiación.	Es muy poco probable porque la primera acción a realizar es la soldadura de una cruceta para inmovilizar el vástago en la posición segura y así evitar su desplazamiento.	Evacuar al personal de las áreas colindantes, verificación de los cables tensores del contrapeso y en caso de que se compruebe partida de algunos proceder a su cambio, y llevar al SO a la posición segura.
Incendio.	Es poco probable porque no se almacena material inflamable ni en el área ni en las cercanías	En el local existe ubicado un extintor y se activaría la brigada de protección contra incendio del centro y el plan de emergencia del mismo.
Caída del contenedor de la fuente desde la grúa de izaje (viajera) durante su traslado hacia los rodillos para el desplazamiento hasta la grúa.	Es poco probable, la grúa de izaje esta diseñada para soportar la estructura del contenedor, pero si ocurriera se producirían daños en la es-	Limitar el acceso al área, monitorear el área y las colindantes, evaluar la irradiación del personal que estará en la operación y del área, enviar a los TOES irradiados a consulta

	<p>estructura del contenedor y posible daño a las fuentes, posible aumento de la tasa de dosis, y la irradiación del personal.</p>	<p>del CPHR y ejecutar plan de emergencia del centro.</p>
<p>Caída del contenedor con las fuentes durante su traslado por los rodillos hasta la grúa.</p>	<p>En la realización de esta operación este es el paso de mas dificultad por el peso del contenedor (2Tn), tiene que realizarse con sumo cuidado para que no ocurra este incidente</p>	<p>Si se produjera depende de la zona donde ocurriera, se utilizarían palancas y la grúa de izaje (viajera) para poner nuevamente el contenedor sobre los rodillos y continuar hasta la grúa.</p>
<p>Falta de fluido eléctrico</p>	<p>La falta de fluido eléctrico provoca una paralización de las actividades y poca visibilidad.</p>	<p>Utilizar lámparas recargables y linternas, operar la grúa de forma manual, conexión del área al grupo electrógeno</p>

En la figura se muestra el resultado del monitoreo del campo del local de irradiación después de desmantelados ambos irradiadores. El punto 5 corresponde al centro del laboratorio de irradiación.

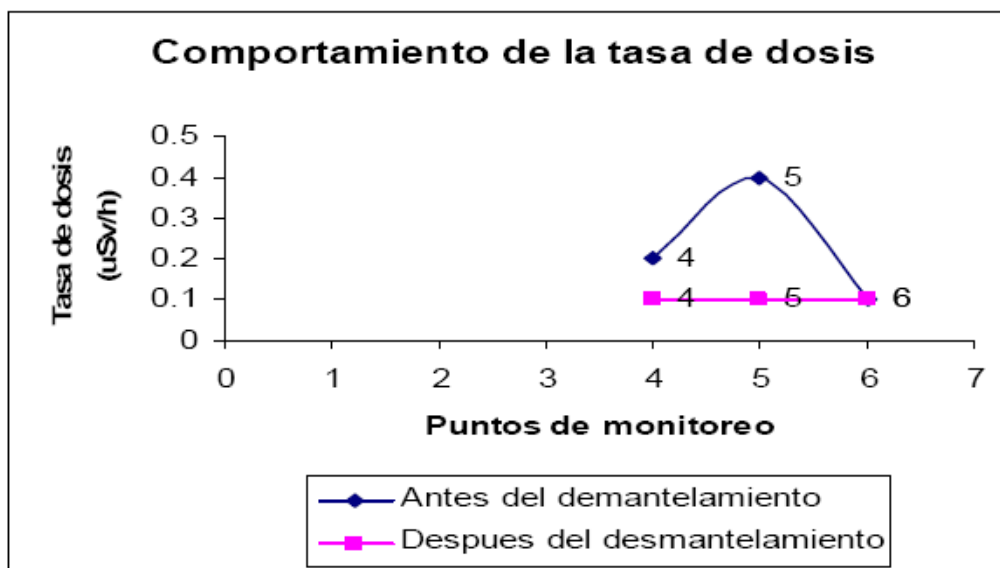


Fig. Monitoreo del campo del local del irradiador después del desmantelamiento de ambos irradiadores.

CONCLUSIONES

En el caso del irradiador de neutrones se diseñó y ejecutó un procedimiento para el cierre definitivo de una instalación de irradiación con fuentes radioisotópicas de neutrones para radiomutagénesis. La experiencia descrita puede ser de utilidad en la optimización de la planificación y ejecución de tareas similares en instalaciones de diseño único y/o atípico, que exijan un proceso laborioso de desmantelamiento.

En el segundo caso (irradiador gamma), el estudio de las operaciones del proceso condujo a la conclusión de que la posibilidad de ocurrencia de un evento de nivel 3 (incidente importante) es poco probable. El análisis de las etapas del procedimiento indicó que la de mayor peligrosidad era la III (Fig.5 y 6). Sin embargo, los factores que pudieran conducir a una evento que se catalogara como de nivel 1 (anomalía) o nivel 2 (incidente) en la escala de Sucesos Radiológicos en esta etapa, vienen determinados esencialmente por las tareas de la etapa II (Fig.3 y 4). Si bien la etapa III (traslado) es la de mayor riesgo desde el punto de vista de la probabilidad de ocurrencia de un accidente laboral, la II (desarme) es la que mayor contribución brinda a la dosis efectiva del personal y en particular los pasos de retirar el tapón del mecanismo de desplazamiento y giro y el paso de colocación del blindaje de plomo en el lugar que ocupaba dicho tapón.

Como conclusión se puede afirmar que a pesar de que la estructura y operación de la instalación de irradiación MPX - γ - 25M difiere de otras instalaciones de igual propósito, la experiencia de su desmontaje aporta elementos de la lógica, las etapas y pasos que pudieran ser de utilidad al abordar procesos de esta naturaleza que previsiblemente se tendrán que afrontar en el país.

REFERENCIAS

1. J.C. Benitez, L. Jova. Clausura de Instalaciones Radiactivas. Curso Regional de Capacitación sobre Seguridad de la Gestión de Desechos Radiactivos provenientes de Aplicaciones Nucleares. Conferencia No. 29. OIEA, Santiago de Chile, 19-31 Agosto 2002, p.29 - 2.
2. Decommissioning of Medical, Industrial and Research Facilities. Safety Guide No. WS-G-2.2. OIEA. Viena. (1999).

3. Proyecto de Requisitos de Seguridad: Evaluación de la seguridad de las instalaciones y actividades. Proyecto de Requisitos de Seguridad DS348. OIEA, Viena, 17 de Octubre (2008).
4. Reglamento de Autorización de Práctica y Actividades Asociadas al Empleo de las Radiaciones Ionizantes. CNSN, Resolución N° 25/98, (1998).
5. E. E. Kulisha. Manual de cálculo y construcción de instalaciones radiacionales químicas (en ruso). Atomizdat, p.154, (1975).
6. Technical Description and operating manual 3.410.00IT0, order No.53/004-3963,.URSS, (1969).
7. M. Prendes y otros. Protección Radiológica en las Aplicaciones de las Técnicas Nucleares. CPHR, p.201, La Habana (2002).