

# PROTECCIÓN RADIOLÓGICA OCUPACIONAL EN LA PRODUCCIÓN DE EMISORES POSITRÓNICOS Y DURANTE LA SÍNTESIS DE LOS RADIOFÁRMACOS PET.

Hernández, R.<sup>1</sup>, Jerez, P<sup>1</sup>, Soler, K<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Centro Nacional de Seguridad Nuclear, Habana, Cuba.

## RESUMEN

La tomografía por emisión de positrones se ha convertido en un importante tipo de diagnóstico a través de imágenes en Medicina Nuclear, proporcionando información más precisa y una mejor herramienta para un exacto y útil diagnóstico. Se puede afirmar que una nueva era en la Medicina Nuclear comenzó con el desarrollo y la vertiginosa difusión de los ciclotrones para uso médico. Estos han sido diseñados con el fin de producir emisores positrónicos a gran escala como por ejemplo: F-18, N-13 y C-11, los cuales son el punto de partida para la síntesis de los radiofármacos que se usan en la tomografía por emisión de positrones. El ciclotrón y las instalaciones de radiofarmacia, donde la síntesis química de los radiofármacos es llevada a cabo, poseen un significativo riesgo radiológico teniendo en cuenta las altas dosis de radiación, la alta energía de las radiaciones emitidas, así como, las cantidades de materiales radiactivos en forma no sellada que son manipulados. Por estas razones, sistemas de seguridad, enclavamientos, alarmas y un alto grado de automatización son requeridos para una operación segura. En este trabajo se ofrece una mirada a los sistemas de seguridad, enclavamientos y alarmas comúnmente usados para asegurar una apropiada explotación de esta tecnología, adicionalmente se discute sobre el programa de capacitación del personal y procedimientos a aplicar con el objetivo de reducir las dosis ocupacionales.

## 1. INTRODUCCIÓN

La tomografía por emisión de positrones es el más claro ejemplo de la evolución reciente de la Medicina Nuclear y su importancia en la oncología. Esta tecnología es utilizada para estudiar procesos fisiológicos y metabólicos en tejidos y órganos, mejorando el estadiaje y delimitación del volumen tumoral, proporcionando gran ayuda a los médicos en: la evaluación de los tratamientos y en el manejo de los pacientes.

La tomografía por emisión de positrones se ha convertido en la mejor herramienta para la obtención de un exacto y útil diagnóstico, en consecuencia, ha tenido lugar en todo el mundo una amplia y vertiginosa difusión de los ciclotrones para uso médico.

---

<sup>1</sup> [ramon@orasen.co.cu](mailto:ramon@orasen.co.cu)  
[pablo@orasen.co.cu](mailto:pablo@orasen.co.cu)  
[karen@orasen.co.cu](mailto:karen@orasen.co.cu)

El ciclotrón es un equipo electromagnético compacto, que acelera partículas cargadas a altas energías y produce radionúclidos emisores de positrones para ser usados en el diagnóstico e investigación en Medicina Nuclear. Estos equipos pueden tanto ser autoblandados o no.

Instalaciones para la producción de los emisores positrónicos consisten básicamente en: local del ciclotrón donde también son colocados los blancos a ser irradiados, el local de control del ciclotrón donde se controla su operación, un cuarto técnico, un laboratorio de radiofarmacia equipado con modernas celdas calientes donde la síntesis química de los radiofármacos tiene lugar y un local para la realización de los controles de calidad farmacéuticos del producto final teniendo en cuenta que este, es un inyectable.

Existe un alto riesgo radiológico en este tipo de instalaciones como resultado de la manipulación de grandes cantidades de materiales radiactivos en forma no sellada y de la operación del ciclotrón en sí mismo, por lo que diferentes sistemas de seguridad, enclavamientos y alarmas tiene que ser tenidos en cuenta, lo cual hace que las instalaciones sean realmente muy complejas.

## **2. REQUISITOS DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA Y REDUCCIÓN DE DOSIS OCUPACIONALES.**

El primer paso para alcanzar un adecuado control de las dosis ocupacionales en las instalaciones es lograr un excelente diseño debido a su alta complejidad, en otras palabras, los requisitos de protección radiológica deben ser aplicados desde el comienzo de la etapa de diseño de la instalación, por tanto, diferentes enclavamientos, alarmas lumínicas y sonoras, y sistemas de seguridad deberán ser considerados.

La instalación deberá cumplir ciertos requisitos básicos, entre ellos, ser segura, funcional y cumplir con las regulaciones de seguridad radiológica por un lado y con las de fabricación de medicamentos por otro, asegurando:

- La seguridad radiológica y física de los materiales radiactivos producidos en forma no sellada, en todo momento.
- La minimización de la exposición ocupacional.
- La prevención de la dispersión de la contaminación radiactiva.

Teniendo en cuenta la gran cantidad de profesionales involucrados, especialidades, sistemas importantes para la seguridad a considerar, empresas diferentes, entre otros, resulta muy conveniente y eficaz, realizar un trabajo fusionado y coherente de todas las partes involucradas desde el comienzo de la etapa de diseño de la instalación, de manera que siempre se tenga en cuenta la protección radiológica y se pueda evaluar esta con exactitud en cada etapa.

Una vez diseñada y construida la instalación, se deberá establecer un apropiado programa para la reducción y control de las dosis ocupacionales, el cual debe estar basado en: un

efectivo compromiso institucional con la seguridad radiológica, un apoyo financiero sostenido a este programa y una clara política en este sentido.

Las bases para estructurar este programa son:

- a) El establecimiento, implementación y mejora de un sistema de gestión.
- b) El fomento de una cultura de seguridad para estimular ante la protección y seguridad, una actitud interrogante y deseosa de aprender por parte de los trabajadores, y desestimular la complacencia.

Con el objetivo de disminuir las dosis ocupacionales, se proporcionan diferentes sistemas de seguridad, enclavamientos, alarmas y equipos automáticos que aseguran la protección de los trabajadores en todo momento, por ejemplo, enclavamientos que se activan para prevenir el acceso de personal hacia áreas con altos niveles de dosis o a los medios tecnológicos de defensa (celdas calientes) una vez transferido el material radiactivo producido en el ciclotrón, entre otros.

Algunos ejemplos de sistemas de seguridad, enclavamientos y alarmas son:

- Enclavamiento para el control de acceso al local del ciclotrón y las celdas calientes.
- Botón de parada de emergencia.
- Enclavamiento de última personal en el local del ciclotrón.
- Sistema de ventilación que garantiza el efecto de cascada de presiones entre las diferentes áreas
- Sistema para la transferencia de materiales radiactivos desde el ciclotrón hasta la celda caliente.
- Sistemas de monitoreo de tasas de dosis.
- Uso de blindajes en la instalación y de procesos.
- Intercomunicadores.
- Diferentes alarmas lumínicas y sonoras las cuales se accionan cuando se detectan desviaciones de las condiciones de operación normales o se presentan fallos de algún sistema de seguridad, también para indicar el funcionamiento del ciclotrón.
- Uso de módulos de síntesis automáticos.

Cada uno de estos sistemas de seguridad, enclavamientos y alarmas deben estar sujetos a un estricto proceso de verificación también como a revisiones e inspecciones periódicas, de manera que se compruebe que estos sistemas mantienen las capacidades para cumplir los requerimientos técnicos de diseño desde su instalación.

Como resultado del proceso de activación en varias partes del ciclotrón, los operadores se exponen frecuentemente a esta fuente de radiación como parte de la ejecución de las operaciones diarias, tales como: el cambio de blancos, trabajos de mantenimiento y reparaciones rutinarias, así como, revisión de sistemas.

Como consecuencia de los aspectos mencionados anteriormente, un programa de mantenimiento efectivo deberá ser diseñado, implementado, regularmente revisado y

ajustado. Este plan deberá considerar los requisitos de competencia y entrenamiento del personal técnico involucrado así como la necesidad de que este personal responda en caso de incidentes durante la operación.

Personal técnico especializado debe disponerse solamente para las operaciones de mantenimiento y respuesta a emergencias, teniendo en cuenta que estas operaciones son las que generan mayores dosis. Otros aspectos a considerar son la ejecución de simulacros de operaciones riesgosas y la revisión del alcance de esas operaciones, adicionalmente, previo a cualquier intervención debida a cualquier contingencia el plan de la respuesta deberá ser revisado y precisado.

Otro factor importante es el desempeño del personal del servicio de protección radiológica, el cual debe mantener un estricto monitoreo de la instalación para asegurar que todas las operaciones y actividades son realizadas manteniendo las dosis tan bajas como razonablemente sea alcanzable.

Otras provisiones que deben estar disponibles en la instalación para asegurar el programa de reducción de dosis ocupacionales durante las operaciones de reparación y mantenimiento son: herramientas especiales, blindajes móviles, monitoreo continuo de dosis de los trabajadores y medios de protección individual.

Un aspecto fundamental a considerar es el entrenamiento y capacitación inicial y sistemática del personal. Frecuentemente, el personal de que se dispone es poco, por tanto, es usual la realización del entrenamiento de la misma persona en varias operaciones, funciones o áreas (entrenamiento cruzado), no obstante, un programa de entrenamiento específico en protección radiológica debe ser implementado y continuamente mejorado.

El programa de entrenamiento del personal involucrado en la producción de los radionúclidos y radiofármacos deberá incluir:

- entrenamiento general en protección radiológica.
- entrenamiento en protección y seguridad específico para la instalación (reglas y procedimientos).
- entrenamiento en tareas específicas (conocimientos y habilidades requeridas para la ejecución de tareas específicas).
- mecanismos formales de evaluación que confirmen que los operadores están correctamente capacitados y entrenados para la ejecución de las tareas que fueron el objetivo del entrenamiento.
- registro de los resultados obtenidos individualmente.

Con el objetivo de reducir dosis, una adecuada política de rotación entre los diferentes puestos de trabajo puede ser implementada, sin embargo, especial atención deberá prestarse a las habilidades y conocimientos de cada operador y a la asignación clara e inequívoca de tareas, responsabilidades y funciones en las operaciones diarias, con el fin de evitar conflicto de intereses.

### 3. CONCLUSIONES

La implementación de los requerimientos técnicos y de seguridad identificados internacionalmente para instalaciones con ciclotrones, contribuye positiva y directamente en la reducción de las dosis ocupacionales.

El entrenamiento del personal no debe ser subestimado, considerando los riesgos involucrados, la complejidad de la tecnología y la posibilidad de rotación del personal por diferentes puestos de trabajo.

Reviste gran importancia la implementación de procedimientos para la verificación y comprobación del funcionamiento de todos los sistemas de seguridad, alarmas y enclavamientos.

### 4. REFERENCIAS

- [1] Autorización de Instalaciones de Tomografía por emisión de positrones. Experiencia Adquirida. C. Álvarez y M<sup>a</sup> L. Ramírez. Revista de la sociedad Española de protección radiológica No36. Vol X. (2003).
- [2] International Atomic Energy Agency, Cyclotron Produced Radionuclides: Principles and Practice, Technical Reports Series no. 465, IAEA, Viena, (2008).
- [3] International Atomic Energy Agency, Cyclotron Produced Radionuclides: Guidelines for Setting up a facility, Technical Reports Series no. 471, IAEA, Viena, (/2009).
- [4] International Atomic Energy Agency, Planning a Clinical PET Centre, Human Health Series no.11, Viena (2010).
- [5] Foro Iberoamericano, Criterios para el licenciamiento y requisitos de inspección de instalaciones con ciclotrones para producción de radioisótopos utilizados en aplicaciones e investigaciones médicas. 2013