

# Salvaguardias en instalaciones de uranio poco enriquecido (UPE): Prácticas actuales, direcciones futuras

*Examen global de las actividades de verificación del OIEA en las instalaciones de UPE y medidas encaminadas a establecer una mayor cooperación con los explotadores*

por Anita Nilsson

Las instalaciones del ciclo del combustible de UPE encierran un importante producto de la industria nuclear, y están estrechamente relacionadas con la producción de energía nucleoelectrónica. Esas instalaciones incluyen las destinadas a la producción de hexafluoruro de uranio, enriquecimiento del uranio (uranio 235 en menos del 20%), conversión en óxido de uranio en polvo y producción de conjuntos combustibles nucleares para su posterior utilización en reactores. Normalmente también incluyen instalaciones (sin contar las plantas de reelaboración) para la encapsulación y el depósito de combustible gastado, que contiene plutonio. El presente artículo trata principalmente de las instalaciones del ciclo del combustible que utilizan UPE, y aborda, sólo de manera sucinta, el tema de las salvaguardias destinadas al combustible gastado que se debe depositar en repositorios geológicos.

En todas las instalaciones de UPE, la presencia del uranio es la razón que justifica la aplicación de salvaguardias del OIEA con arreglo a acuerdos concertados conforme al Tratado sobre la no proliferación de las armas nucleares (TNP). El uranio natural, o poco enriquecido, se considera material nuclear utilizable, sólo indirectamente, en la producción de armas nucleares. Para obtener material utilizable en un dispositivo explosivo nuclear, es necesario el ulterior enriquecimiento del uranio en el isótopo de uranio 235 hasta un nivel por encima del 20%.

Ello es fundamental para la aplicación de las salvaguardias del OIEA al UPE. El Organismo está en la obligación de llegar a sus propias conclusiones de que el material nuclear sometido a salvaguardias no se ha desviado de su utilización con fines pacíficos para emplearlo, por ejemplo, en explosivos nucleares o para otros fines desconocidos. Los enfoques y criterios de salvaguardias adoptados por el OIEA para alcanzar este objetivo se establecen teniendo debida cuenta del posible empleo del material nuclear apto para armas nucleares. El enriqueci-

miento en el isótopo de uranio 235 que se necesitaría para convertir el uranio natural, o poco enriquecido, en material utilizable para armas es un proceso costoso y prolongado, especialmente si se realiza de manera encubierta. Mediante análisis técnico se ha calculado que un Estado podría enriquecer el material hasta el nivel deseado para producir armamentos en un período de alrededor de un año. Sin embargo, estudios recientes realizados en el Organismo han demostrado que, aunque el establecimiento de una instalación de enriquecimiento, en particular si es encubierto, es un proceso caro y dilatado, el ulterior enriquecimiento del UPE, una vez creadas estas instalaciones, puede lograrse en menos de un año.

## Salvaguardias actuales destinadas a las instalaciones de UPE

La aplicación de las salvaguardias del OIEA al UPE se basa en una serie de criterios que especifican *metas de inspección*, según las cuales *cantidad significativa* es una cantidad de uranio que contiene 75 kilogramos de uranio 235, y la *meta de oportunidad* es un año. Ello significa que el Organismo, al aplicar su sistema de salvaguardias, podrá detectar una desviación de, como mínimo, 75 kilogramos de uranio 235 contenido en el UPE durante un período de un año.

Una instalación del ciclo del combustible de UPE elabora material nuclear a granel. Durante el proceso industrial, los materiales nucleares utilizados como materias primas pueden ser transformados isotópicamente, químicamente y físicamente. En ese proceso, algunos materiales nucleares también se convierten en desechos y las cantidades muy pequeñas se eliminan en las aguas residuales o de algún otro modo. Tanto debido a las salvaguardias, como por razones financieras, el objetivo que se persigue es mantener los desechos y las pérdidas al nivel más bajo posible.

Para lograr sus objetivos de salvaguardias en un proceso industrial donde se manipula material nuclear a granel en formas diferentes, el OIEA establece un enfoque de salvaguardias que le permite

La Sra. Nilsson es funcionaria superior del Departamento de Salvaguardias del OIEA.

realizar la evaluación anual y la verificación independiente del *balance de materiales* de la instalación en períodos concretos.

El OIEA debe sacar sus conclusiones de manera independiente de los explotadores y los Estados Miembros. No obstante, las actividades que permiten sacar esas conclusiones pueden realizarse conjuntamente con un sistema nacional de contabilidad y control (SNCC) o un sistema regional de contabilidad y control (RSAC). A fin de llegar a conclusiones, las cantidades del material salvaguardado se deben verificar con determinado grado de fiabilidad.

Según los actuales criterios de salvaguardias, los materiales nucleares en flujo en la instalación y los registrados en el inventario de ésta se deberán verificar de manera independiente. En el caso de una planta de fabricación de combustible de UPE, se debe verificar como mínimo el 20% del material nuclear *en flujo* y, una vez al año, el inventario físico completo del explotador de todo el material nuclear en la instalación; ello se lleva a cabo al cierre del balance de materiales a efectos contables.

El Organismo aplica métodos estadísticos para la verificación eficaz en función de los costos, sobre la base de su conocimiento del proceso industrial de la instalación, y la exactitud y precisión de las mediciones del material nuclear, realizadas por el explotador y el OIEA. En la *información sobre el diseño* presentada al Organismo, se incluye información sobre el proceso y el sistema de medición que se usa en la instalación.

Por medio del SNCC o del RSAC, el Estado proporciona la información en que el Organismo basa sus actividades. El Estado presenta periódicamente, a menudo con una frecuencia mensual, los informes oficiales sobre los cambios en el inventario, donde se reflejan los cambios ocurridos en el mes anterior.

**Inspecciones y actividades de verificación.** Durante las inspecciones ordinarias, el Organismo verifica las declaraciones del explotador relativas a la contabilidad de los materiales, es decir, los registros contables y los documentos comprobatorios del origen, y compara, con frecuencia en la sede, el resultado con los Informes oficiales sobre los cambios en el inventario, presentados por el SNCC o el RSAC. Según los criterios de salvaguardias del OIEA que se aplican actualmente, las inspecciones ordinarias se realizan con miras a satisfacer las metas de inspección. En el caso de una planta de fabricación de combustible de UPE, deben realizarse normalmente cinco inspecciones para la verificación del flujo, y una para la verificación del inventario físico durante un período de balance de materiales. En una planta de enriquecimiento, las inspecciones mensuales se realizan fundamentalmente para confirmar el enriquecimiento declarado (ausencia de uranio 235 enriquecido por encima del 20%). La planificación de la inspección se basa en la información operacional ofrecida semestralmente y las notificaciones anticipadas de entradas y embarques de material

nuclear. La verificación del material nuclear en flujo se realiza mediante la ponderación y el muestreo a los efectos del análisis químico posterior, y mediante el análisis no destructivo (AND) para el control del enriquecimiento. La importancia de realizar "inspecciones del flujo" se hace patente cuando se tiene en cuenta que las instalaciones del ciclo del combustible que manipulan material nuclear a granel están diseñadas para tener un gran caudal de material y un inventario relativamente reducido de material nuclear.

La verificación del inventario físico se basa en la aplicación de métodos estadísticos. Cuando se compara el inventario registrado (inventario contable) con el inventario medido (inventario físico) de una instalación que manipula material nuclear a granel, siempre existe una diferencia que se denomina material no contabilizado (MNC). La evaluación estadística del balance de materiales permite determinar si el MNC está dentro de los límites aceptables. Aunque una cifra significativa de MNC *puede* indicar una posible desviación, la evaluación general de una posible desviación de material nuclear debe realizarse en el contexto más amplio de las declaraciones de material nuclear del Estado y la verificación independiente del OIEA de esas declaraciones.

Según el actual sistema de salvaguardias, el SNCC o el RSAC siempre reciben notificación por anticipado de las inspecciones. Históricamente, ello se ha considerado necesario para que el Estado y el explotador elaboren la declaración del material nuclear y los demás documentos requeridos para la inspección.

**Contabilidad y control.** El sistema de salvaguardias exige al explotador que lleve un registro actualizado (libro mayor general) del material nuclear según las normas y recomendaciones convenidas. No obstante, es probable que la contabilidad del material nuclear se realice aun cuando no se hubieran establecido requisitos ni sistemas de salvaguardias. El material nuclear es costoso y representa una parte importante de los gastos de explotación de un reactor nuclear. Así, redundaría en beneficio del propietario del material nuclear el que las pérdidas sigan siendo mínimas, y que el control de calidad se mantenga al nivel más elevado posible.

La contabilidad del material nuclear es un medio de que se vale el explotador para mantenerse informado acerca del material nuclear tratado, como parte de sus responsabilidades con el propietario del material. Además, la seguridad nuclear y los cálculos de reactividad exigen especificaciones precisas sobre el enriquecimiento. Las pastillas enriquecidas con trazadores desconocidos en una barra de combustible pueden provocar el "quemado deficiente" y la posterior fuga de productos de fisión al sistema de enfriamiento, lo que ocasiona pérdidas en la producción de electricidad. Incluso a un nivel bajo, estas fugas podrían contribuir a la exposición del público en general a fuentes de radiactividad. Por la misma

razón, los explotadores de una instalación del ciclo del combustible reducen al mínimo y controlan las liberaciones de material nuclear al medio ambiente, como también lo demuestra el sistema de medición y contabilidad.

Para mantener una producción de elevada calidad, el explotador de una instalación del ciclo del combustible nuclear utiliza instrumentos avanzados. Para el control del enriquecimiento se emplean exploradores para varillas, y balanzas de precisión para la determinación del peso. En algunas instalaciones, se han hecho arreglos que permiten al Organismo utilizar el equipo propiedad del explotador. En esos casos, para conservar la independencia, el Organismo mantiene precintadas en la instalación las fuentes o patrones de material nuclear a efectos de la calibración. Estos programas de cooperación aumentan la eficiencia durante las inspecciones, y mantienen o fortalecen la eficacia de las salvaguardias.

Otra razón para que el explotador mantenga un sistema de control es el requisito estipulado en acuerdos bilaterales o multilaterales relacionados con la no proliferación nuclear. Los Estados proveedores de material nuclear exigen que se apliquen salvaguardias y se contabilice el material nuclear según normas especificadas. En otras palabras, la contabilidad del material nuclear y las salvaguardias del OIEA son requisitos indispensables para el comercio nuclear, y se ha reconocido que sin un sistema de salvaguardias de alta calidad, el comercio se vería seriamente obstaculizado, si es que no sería imposible.

### Posibles nuevos elementos de salvaguardias

Los últimos sucesos han señalado la necesidad de perfeccionar las salvaguardias, de manera que el sistema del OIEA no sólo debería verificar la exactitud y el carácter exhaustivo de las declaraciones de material nuclear de los Estados sino también proporcionar garantías dignas de crédito sobre la ausencia de actividades nucleares no declaradas. Conforme al programa del OIEA conocido como "93+2", se ha propuesto un sistema de salvaguardias fortalecido. La Parte 1 del programa se está poniendo en práctica con arreglo a acuerdos de salvaguardias amplias, mientras que las nuevas medidas que comprende la Parte 2 exigen facultades legales complementarias para el OIEA. En junio de 1995, la Junta de Gobernadores del OIEA acordó que el Organismo debería comenzar a aplicar la Parte 1, y en junio de 1996, se creó un Comité de la Junta para elaborar un Protocolo que complementara los acuerdos de salvaguardias amplias en vigor. El Protocolo proporcionaría al Organismo los instrumentos adicionales necesarios para aplicar la totalidad del sistema de salvaguardias fortalecido previsto.

En lo que respecta a las instalaciones del ciclo del combustible de UPE, la Parte 1 contempla la

ampliación del acceso físico y de la cooperación con el SNCC o el RSAC, según proceda. La ampliación del acceso físico abarca inspecciones no anunciadas, es decir, inspecciones que no se notifican al Estado con antelación. Las inspecciones no anunciadas pueden aumentar la eficiencia y fortalecer la eficacia cuando se dispone de declaraciones en tiempo casi real sobre los flujos de material y las operaciones de la instalación. Con la ampliación del acceso, el inspector podrá visitar todas las edificaciones de un *emplazamiento nuclear*. Para el fortalecimiento de las salvaguardias también es importante la *utilización óptima del sistema actual*. La información ampliada de los SNCC, ofrecida por los Estados, facilita una mayor cooperación entre el Organismo y la autoridad nacional o regional. Una mayor cooperación puede incluir el uso compartido de instrumentos de medición, la presentación temprana al OIEA de los datos de que dispone la autoridad nacional o regional, y las actividades conjuntas, siempre que pueda mantenerse el control independiente del Organismo. Mediante el aumento de la cooperación se pueden solucionar oportunamente incongruencias o problemas.

**Ensayos *in situ*.** Se han realizado ensayos *in situ* de los sistemas de salvaguardias fortalecidos en el Canadá, Finlandia y Suecia, los que han proporcionado buenos ejemplos de cómo el sistema de salvaguardias fortalecido podría funcionar en la práctica.

**Ensayos en el Canadá.** Los ensayos realizados en el Canadá demostraron que sería posible tener acceso no anunciado a lugares que normalmente no son accesibles a los fines de las salvaguardias en una amplia gama de instalaciones del ciclo del combustible, a saber, una planta de transformación del uranio, una instalación de fabricación de combustible, dos instalaciones de reactores de potencia de unidades múltiples, un reactor de investigación parcialmente clausurado y un complejo de investigación y desarrollo nucleares. Los ensayos también demostraron (como indicó la Junta de Control de la Energía Atómica) que existía una mayor cooperación entre el SNCC del Canadá y el Organismo en varios aspectos: se compartieron con el OIEA los procedimientos específicos de cada emplazamiento relativos al acceso no anunciado desarrollados por los explotadores y el SNCC, a fin de que se tuviera en cuenta al concertar los arreglos relativos a las inspecciones. En concreto, los ensayos abarcaron desde la ampliación del acceso solicitada durante una inspección programada hasta el acceso no anunciado fuera de las horas normales de trabajo; entre las medidas aplicadas se incluyeron el muestreo ambiental, la verificación de la información sobre el diseño, la observación visual y el análisis no destructivo. En todos los casos, el acceso se autorizó sin demora y el OIEA pudo realizar las actividades necesarias. En términos generales, los ensayos demostraron que el SNCC, el explotador y el OIEA pueden concertar arreglos de

procedimiento que redundarán en la aplicación satisfactoria del acceso no anunciado y con aviso a corto plazo a cualquier lugar de las instalaciones nucleares del Canadá.

**Ensayos en Finlandia.** En Finlandia, los ensayos *in situ* se centraron en el muestreo ambiental y el aumento de la cooperación con el SNCC. Se evaluaron las técnicas de vigilancia ambiental *in situ* y, como resultado, se identificaron los instrumentos a la venta en la red comercial que pudieran utilizarse en la vigilancia ambiental de las instalaciones de UPE sin realizar una gran labor de desarrollo. Además, se logró demostrar la aplicabilidad de la autorradiografía para examinar muestras de frotis ambientales. Los laboratorios fineses analizaron diferentes tipos de muestras tomadas durante los ensayos *in situ* en diversos países y obtuvieron valiosos resultados analíticos. Se creó un sistema de navegación por satélite y de cartografía mediante microcomputadora para determinar y registrar lugares de muestreo ambiental en el terreno. Este sistema de cartografía y navegación computadorizado demostró ser de gran utilidad en el muestreo ambiental fuera de las instalaciones.

Se comprobó el aumento de la cooperación con el SNCC al presentar al OIEA el cuestionario sobre el SNCC y la declaración ampliada y al realizar inspecciones no anunciadas en varios LWR y en un reactor de investigación. Como resultado, se adquirió experiencia en la realización de esas inspecciones con un acceso más amplio a la información y los emplazamientos. Se establecieron procedimientos para inspecciones no anunciadas y se elaboró un nuevo enfoque de salvaguardias perfeccionado para las instalaciones de reactores del tipo WWER.

**Ensayos en Suecia.** Los ensayos en Suecia estuvieron relacionados con la vigilancia ambiental y el aumento de la cooperación con el SNCC, incluida la presentación de información adicional al OIEA mediante informes contables en tiempo casi real, inspecciones no anunciadas, información del SNCC y una declaración ampliada.

Las partes más específicas de los ensayos en Suecia se centraron en la ejecución de inspecciones no anunciadas a una planta de fabricación de combustible de UPE. Se puso en práctica un plan de inspecciones no anunciadas y aleatorias de forma tal que había una probabilidad no nula de inspección en cualquier día y en cualquier momento durante el período. El plan establecía, entre otras cosas, que semanalmente se proporcionara información sobre el pronóstico de las operaciones de la instalación. La información se suministró por medios electrónicos, utilizando un enlace seguro con el Organismo. Antes del ensayo, se acordaron los procedimientos relativos a los visados de los inspectores, la entrada a la instalación, el acompañamiento de los inspectores por el personal de la instalación, y el acceso a los datos del sistema computadorizado de contabilidad del material nuclear de los explotadores. Los resultados de las inspecciones no anunciadas, junto con una

verificación del inventario físico que completó el ensayo, proporcionaron una base sólida para evaluar el enfoque.

Los resultados generales de los ensayos pusieron de manifiesto los positivos efectos para el OIEA, la autoridad nacional y el explotador, de un sistema de salvaguardias fortalecido. En resumen, dado el carácter aleatorio de las inspecciones no anunciadas, los resultados obtenidos en estas inspecciones pudieron proyectarse a *todo* el material utilizado en la producción durante el período de balance de materiales. Ello significó un considerable aumento de la eficacia, de la cobertura parcial a la total del material nuclear en circulación. La ampliación del acceso de los inspectores permitió realizar actividades dirigidas a garantizar la ausencia de actividades no declaradas en el emplazamiento de la instalación.

En resumen, se demostró que el enfoque ensayado permite aplicar salvaguardias más eficaces en función de los costos: el sistema se fortaleció de manera significativa, mientras que la labor de inspección se mantuvo al mismo nivel. Las inspecciones fueron menos intrusivas para las operaciones en marcha en las instalaciones que las que se realizan de acuerdo con el sistema "clásico" normal, porque se orientaron más hacia el proceso que hacia el producto. Estos avances compensaron bien el esfuerzo complementario impuesto a los explotadores, que tuvieron que presentar un pronóstico de operaciones semanal y establecer prácticas a fin de facilitar la realización de inspecciones no anunciadas en la planta.

En el seno del Organismo, recientemente se ha creado un grupo especial de trabajo para evaluar los posibles enfoques de salvaguardias para las plantas de fabricación de combustible de UPE, tomando en cuenta la aplicabilidad de diferentes enfoques en instalaciones y Estados distintos.

## Direcciones futuras

**Elementos de un sistema fortalecido.** La Junta del OIEA examina otras medidas de fortalecimiento de las salvaguardias a partir de un acceso más amplio a la información sobre el programa nuclear del Estado, la ampliación del acceso físico de los inspectores del Organismo a las instalaciones nucleares y otros emplazamientos nucleares, y el uso de nuevas técnicas, principalmente el muestreo ambiental y la utilización óptima del sistema actual. El objetivo será verificar *tanto* la no desviación de material nuclear *como* la ausencia de actividades nucleares no declaradas. El efecto total que un sistema de salvaguardias fortalecido surta en un país depende de su programa nuclear. El sistema permitiría encauzar los esfuerzos hacia las instalaciones nucleares delicadas, donde se manipula uranio muy enriquecido o plutonio, y dedicar menos esfuerzos a materiales menos delicados como el uranio poco enriquecido, en dependencia de las garantías que se obtengan respecto de las activi-

dades nucleares no declaradas. Como ya se ha señalado, las inspecciones no anunciadas pueden brindar mayores garantías de la no desviación de materiales nucleares y, al mismo tiempo, confianza respecto de la ausencia de actividades nucleares no declaradas. En este último caso, la posibilidad de tomar muestras ambientales resultará importante. Si durante las inspecciones ordinarias se toman muestras ambientales, no será necesario realizar inspecciones por separado con los consiguientes gastos para el OIEA y el explotador.

La información adicional que ha de brindar el Estado servirá de base al proceso de evaluación de la información que realiza el Organismo. El aumento gradual de la confianza respecto de la ausencia de actividades no declaradas puede justificar la reducción de la intensidad de las salvaguardias que se apliquen al material nuclear declarado. El combustible nuclear gastado puede tomarse como ejemplo. Aunque el combustible gastado contiene plutonio, una mayor garantía de la ausencia de actividades de reelaboración clandestinas en un Estado influirá en el enfoque de salvaguardias.

En algunos Estados, el combustible gastado se encapsulará con miras a su evacuación permanente en repositorios geológicos profundos sin que se altere la integridad del combustible. En una reunión de grupo asesor convocada por el OIEA, representantes de los Estados participantes coincidieron en que no se pueden dar por terminadas las salvaguardias en el caso del combustible nuclear gastado que se pretende depositar, o que ya ha sido depositado, en un repositorio geológico. No obstante, también se acordó que las medidas aplicadas deben basarse en la "continuidad del conocimiento", y tener en cuenta los adelantos registrados en el régimen de salvaguardias. Aunque un repositorio geológico contendría grandes cantidades de plutonio, las medidas de salvaguardias para el emplazamiento podrían ser muy eficaces y efectivas —por ejemplo, aplicando medidas de contención y vigilancia en el emplazamiento y manteniendo información sobre el material depositado— dadas las garantías obtenidas con el sistema de salvaguardias fortalecido respecto de la ausencia de actividades de reelaboración no declaradas.

En un amplio esfuerzo conjunto que se realiza por conducto de un Programa de Apoyo a las Salvaguardias del OIEA, un grupo de Estados participa en las labores relacionadas con el enfoque de salvaguardias para el combustible gastado que se depositará en repositorios geológicos. Antes de la próxima reunión de grupo asesor prevista se deberá preparar un informe conjunto que aborde la cuestión de las salvaguardias en relación con la parte final del ciclo del combustible.

El empleo de técnicas modernas podría representar un cambio significativo en la salvaguardia de las instalaciones del ciclo del combustible de UPE. La transmisión electrónica en tiempo casi real de la

información contable y operacional podría aumentar la eficiencia y fortalecer la eficacia. Las técnicas de codificación y los protocolos de transmisión específicos garantizarían la transmisión de los datos. La teletransmisión electrónica de los datos de las mediciones autenticados brindaría las mismas oportunidades a las instalaciones de UPE que la vigilancia a distancia en el caso de los reactores nucleares. Cada vez en mayor medida, las técnicas de medición disponibles proporcionan los resultados en formato digital, lo cual es necesario para la teletransmisión de los resultados de las mediciones. Por ello, el empleo de nuevas técnicas puede reducir aún más la frecuencia real de las inspecciones en las instalaciones y a la vez mantener o aumentar el grado de fiabilidad.

**Hacia una mayor cooperación.** En el caso de las instalaciones del ciclo del combustible de UPE, es probable que el sistema de salvaguardias fortalecido traiga un cambio en las relaciones establecidas entre el Estado (por intermedio del SNCC o el RSAC) y el explotador con el OIEA. Ese sistema prevé, en aras del fortalecimiento de la eficacia y el aumento de la eficiencia de las salvaguardias, una mayor cooperación mediante el suministro de información más oportuna sobre determinados sucesos operacionales y la aceptación de inspecciones no anunciadas.

Durante esta fase del desarrollo de las salvaguardias, cabe considerar que las inspecciones *in situ* sobrepasan ampliamente la función que desempeñan en la verificación de la no desviación de material nuclear. Cuando los inspectores se reúnen con el explotador en la instalación, pueden analizarse cuestiones de interés y resolverse incompatibilidades o problemas. En toda inspección o régimen de control, la confianza entre las partes es importante.

Los inspectores de salvaguardias del OIEA están allí básicamente para prestar un servicio: las garantías que la comunidad internacional necesita de que el material nuclear en la instalación se utiliza conforme a los compromisos de no proliferación del Estado. Con estas garantías, la instalación puede mantener su credibilidad ante el público de que sólo participa en actividades pacíficas, y contribuye, con su producción industrial, al bienestar de la sociedad. El sistema de salvaguardias en desarrollo exige, y promueve, una mayor cooperación entre el OIEA, las autoridades nacionales o regionales y el explotador. Al final, su aplicación eficaz y eficiente es un mérito para los explotadores de la instalación, el Estado y la comunidad internacional.