

# Vigilancia ininterrumpida de los materiales sometidos a salvaguardia

Vincent Fournier

Si bien las inspecciones son el elemento esencial de las actividades de verificación del OIEA, cada vez se complementan más con tecnologías de vigilancia que funcionan sin interrupción. De esta forma, el OIEA refuerza la eficacia de sus salvaguardias y, al mismo tiempo, aumenta su eficiencia.

Esta monitorización de los materiales y las instalaciones nucleares permite mantener la continuidad de los conocimientos, lo que constituye la garantía definitiva de que esos materiales no se desvían de los usos pacíficos. En lugar de requerir la presencia de inspectores, las cámaras

y los detectores de radiación registran las operaciones de larga duración, como la recarga de un reactor de agua ligera, que puede durar semanas. Los datos se transmiten de forma segura al OIEA en tiempo real o los inspectores los pueden examinar *in situ* durante una inspección y comprobar así si las actividades se han realizado de conformidad con lo declarado.

Las más de 1400 cámaras de vigilancia y los 400 sensores de radiación y de otro tipo repartidos por todo el mundo registran más de un millón de datos de salvaguardias encriptados, mientras que los más de 23 000 precintos colocados en instalaciones nucleares garantizan la contención de los materiales y los equipos.

## En estrecha vigilancia

El sistema de vigilancia de la próxima generación (NGSS) del OIEA consta de cámaras alojadas en carcasas con indicadores de manipulación ilícita y equipadas con baterías de larga duración que pueden suministrar electricidad durante largos periodos sin necesidad de una fuente de energía externa. La autenticidad y confidencialidad de los datos de vigilancia adquiridos por el NGSS se mantienen por medio de tres grados distintos de protección criptográfica de datos y diversos niveles de tecnología física, pasiva y activa que permiten detectar manipulaciones ilícitas. Dentro de la cámara del NGSS, un componente central de vigilancia seguro protege los componentes electrónicos básicos y el sensor óptico, así como los secretos criptográficos mediante un mecanismo activo de detección de manipulaciones ilícitas.

Las cámaras se instalan en zonas de almacenamiento, dentro y cerca de las piscinas de combustible gastado, y en todos los puntos de tránsito por los que pueden pasar los materiales nucleares. Las cámaras pueden estar equipadas con un objetivo “ojo de pez”, que permite sacar fotografías panorámicas, y toman imágenes a intervalos predeterminados de entre un segundo y diez minutos o más, según las necesidades de verificación. Por ejemplo, en una instalación de enriquecimiento, las cámaras registran la actividad con más frecuencia, mientras que en una zona de almacenamiento los intervalos son más prolongados. “Si hay que instalar una grúa para mover materiales, como en las instalaciones de almacenamiento, podemos detectar actividades sospechosas incluso si las imágenes se captan con menor frecuencia,” dice Gabor Hadfi, Jefe del Grupo de Vigilancia de Salvaguardias del OIEA.

El hecho de tomar fotografías en lugar de grabar de forma continua supone una ventaja por diversos motivos: las baterías tardan más en agotarse y las imágenes son más fáciles de procesar y analizar que las películas, explica Hadfi.

Los datos de vigilancia se procesan previamente a fin de analizarlos con la ayuda de un programa informático especializado que detecta el movimiento, y los inspectores examinan los datos y evalúan si coinciden con las operaciones normales y notificadas de la instalación.



## Comprobación a distancia de los niveles de radiación

Las cámaras de vigilancia pueden ver movimiento pero no detectar los niveles de radiación. Para ello, el OIEA utiliza sistemas automáticos de monitorización de análisis no destructivos que incorporan detectores de radiación para medir el nivel de radiación neutrónica y gamma, y diversos sensores para controlar la temperatura, el flujo y otros parámetros. “Estos sistemas se instalan en lugares específicos a fin de caracterizar y verificar los materiales nucleares, monitorizar el desplazamiento del combustible gastado, y recopilar y transmitir datos encriptados las 24 horas del día,” señala Thierry Pochet, Jefe del Grupo de Sistemas de Monitorización Automáticos del OIEA.

Estos sistemas pueden instalarse y recopilar datos en zonas a las que los inspectores no pueden acceder debido a las grandes cantidades de radiación. Según el Sr. Pochet, hay aproximadamente 160 sistemas con un total de 700 detectores y sensores instalados en más de 40 países. Por ejemplo, un reactor de potencia de agua pesada a presión CANDU tiene instalados unos 20 sensores.

Se utilizan distintos tipos de sistemas automáticos para los diferentes tipos de instalaciones, desde las de enriquecimiento hasta las de almacenamiento del combustible gastado o de reprocesamiento, pasando por los reactores. Los datos recogidos mediante la monitorización radiológica se suelen analizar junto con las imágenes obtenidas con videovigilancia a fin de realizar un seguimiento del movimiento de los materiales nucleares dentro de la instalación: gracias a las fotografías, el inspector puede observar a distancia cuál es la causa de la variación en los niveles de radiación.

El **monitor integrado de combustible VXI** monitoriza y cuenta la cantidad de combustible descargado del núcleo de los reactores de agua pesada a presión, comprendidos los reactores CANDU. En estos tipos de reactores, los haces de combustible deben sustituirse varias veces al día. El sistema de monitorización sigue estos haces de combustible cuando son cargados, redistribuidos en el núcleo y descargados en la piscina de combustible gastado mediante el empleo de varios detectores de radiación neutrónica y gamma.

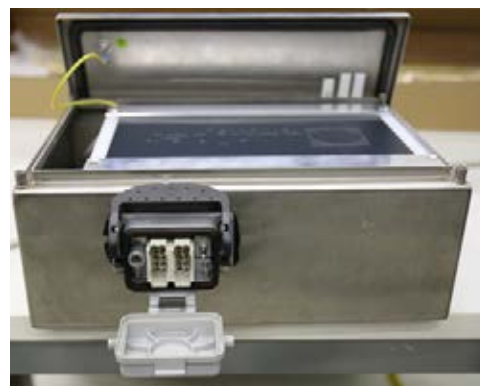
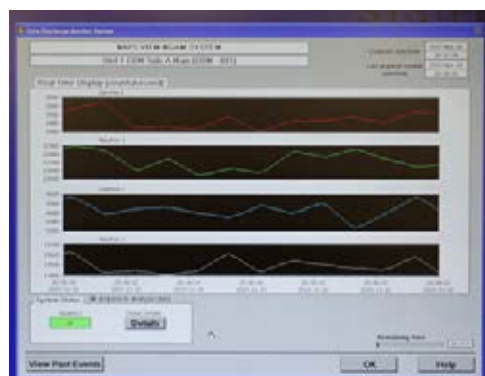
Tras unos cinco años enfriándose en la piscina de combustible gastado, el combustible está listo para ser trasladado a un lugar de almacenamiento, normalmente situado a unos kilómetros del emplazamiento del reactor. Para su transporte, el combustible gastado se transfiere a cofres especiales en los cuales se instala un **detector de neutrones de unidad móvil (MUND)** para medir el nivel de radiación a fin de asegurar que su contenido no se modifica durante el traslado. Este dispositivo se basa en un sistema de detección de neutrones y puede recoger y almacenar datos durante un máximo de ocho semanas sin necesidad de recargar la batería.

A su llegada al lugar de almacenamiento, el MUND se retira y el contenido del cofre se transfiere a un silo. Antes de la transferencia se instala un **monitor gamma de detección de apertura de silos** y sus detectores de rayos gamma monitorizan el proceso de carga. El dispositivo está conectado a un archivo

donde se almacenan los datos. Este sistema funciona junto con la videovigilancia para captar además todos los movimientos que se producen en el proceso de transferencia.

## Monitorización de la potencia de los reactores de investigación

Para monitorizar la potencia de los reactores de investigación se utilizan sistemas específicos. El **monitor termohidráulico de potencia avanzado** se utiliza para supervisar la potencia de salida de los reactores de investigación mediante la medición de la temperatura y el flujo del agua en el circuito de enfriamiento del reactor. Si la potencia calculada sobre la base de la monitorización está por encima de un umbral concreto, el inspector puede llevar a cabo una investigación a fin de determinar si el reactor funciona según lo declarado. Una potencia térmica de salida superior a la declarada podría indicar que se ha producido plutonio, lo que supone un riesgo de proliferación.





## Reprocesamiento

Durante el reprocesamiento nuclear del combustible de uranio gastado se recupera plutonio fisionable del combustible nuclear irradiado. Este plutonio reprocesado se recicla en combustible nuclear MOX para reactores termonucleares. El uranio reprocesado, que constituye el grueso del material de combustible gastado, también se puede reutilizar como combustible. La presencia de plutonio representa un riesgo particular de proliferación, y los diferentes procesos que intervienen en las plantas de reprocesamiento se monitorizan mediante equipos automáticos. Por ejemplo, para la Planta de Reprocesamiento de Rokkasho (Japón) se han diseñado más de 20 sistemas específicos que incluyen cientos de detectores de neutrones y de rayos gamma. Esa planta, una de las más grandes del mundo, tiene la capacidad anual de convertir en combustible 800 toneladas de uranio u 8 toneladas de plutonio. Todos los datos de la monitorización recogidos se transmiten en tiempo real al Centro de Inspección del OIEA en la planta a través de una red segura específica para ello.

## Seguimiento del U 235 en las plantas de enriquecimiento

En 2015, el OIEA desarrolló un monitor de control ininterrumpido del enriquecimiento específico para medir el grado de enriquecimiento del uranio en instalaciones de enriquecimiento por centrifugación gaseosa. Ese tipo de instalaciones enriquecen el uranio aumentando de forma gradual la proporción de uranio 235 (U 235), que es capaz de mantener una reacción de fisión en cadena.

El monitor mide las características del uranio gaseoso — hexafluoruro de uranio (UF<sub>6</sub>)— que fluye por los conductos de procesamiento hacia las cascadas de centrifugadoras de la planta de enriquecimiento. El principal nodo de conexión, un detector de rayos gamma basado en un cristal de yoduro de sodio, mide la cantidad de U 235 en el conducto, mientras que los sensores de presión y temperatura permiten que el aparato determine la cantidad total de uranio gaseoso. Con estas dos cantidades, el dispositivo puede calcular y almacenar o transmitir a la Sede del OIEA el nivel de enriquecimiento en tiempo real. El dispositivo se puede instalar con una configuración que monitorice los niveles de enriquecimiento de los materiales que entran y salen de las cascadas de centrifugadoras de enriquecimiento por gas.

Todos los componentes se encuentran en recipientes sellados conectados con tubos especiales, y todas las carcasas están precintadas. Se utiliza una pintura especial a fin de asegurar la detección de cualquier intento de manipulación ilícita del dispositivo.

Después de utilizarlo por primera vez en enero de 2016 en la planta de enriquecimiento de combustible de Natanz (Irán), el OIEA tiene previsto introducir de forma gradual el monitor de control ininterrumpido del enriquecimiento en las plantas de enriquecimiento por centrifugación gaseosa de otros países. Dado que la nueva tecnología ofrece mediciones continuas, la toma de muestras y el muestreo ambiental se reducirán, lo cual mejorará la eficiencia y permitirá realizar ahorros.

## El precinto de aprobación del OIEA

El precinto del OIEA es el elemento de salvaguardias más famoso, y el que se utiliza con más frecuencia. Si bien son muy sencillos, estos dispositivos de indicación de manipulación ilícita son muy eficaces para disuadir el acceso no autorizado a los materiales salvaguardados y el equipo de salvaguardias del OIEA. Asimismo, son un medio de identificar de forma inequívoca los contenedores protegidos. La verificación de precintos consiste en examinar minuciosamente la carcasa de un elemento y la identidad e integridad del precinto a fin de detectar signos de manipulación ilícita.

El OIEA utiliza diversos tipos de precintos, según corresponda. Algunos están diseñados para ser utilizados bajo el agua o en entornos con condiciones extremas.

Los precintos **metálicos en forma de chapa** de un solo uso se utilizan desde hace más de 30 años y, cada año, se distribuyen y verifican alrededor de 16 000 precintos de este tipo. A efectos de identificación, todos los precintos están numerados y tienen unas marcas distintivas en su parte interna que se registran antes de entregarlos a los inspectores. Durante las inspecciones, los precintos se sustituyen y se vuelven a llevar a la Sede del OIEA para verificar su eficacia y autenticidad mediante la comprobación de las marcas, que deben ser las mismas que las originales.

Existen otros tipos de precintos que los inspectores del OIEA verifican sobre el terreno. Por ejemplo, el **precinto COBRA**, que comprende un cable de fibra óptica multipolar cuyos extremos están dentro del cuerpo del precinto. Algunos de los conductores se cortan de forma aleatoria durante el cierre del precinto a fin de crear un patrón óptico único. Para registrar esta marca distintiva se utilizan cámaras que proyectan una luz a través del cable. Durante la verificación, la imagen de inspección se compara con la imagen de la instalación a fin de garantizar la identidad del precinto y el mantenimiento de su integridad. Cada año se utilizan unos 2000 precintos COBRA, normalmente junto con los precintos metálicos en forma de chapa para mejorar la fiabilidad.

El OIEA también utiliza precintos electrónicos, como el **sistema de precintado electroóptico**, que los inspectores pueden controlar a distancia y que están conectados a sistemas de videovigilancia. Estos precintos están compuestos por un bucle de fibra óptica y una unidad electrónica que monitoriza de forma continua el estado del bucle mediante el envío de un impulso luminoso a través de la fibra a intervalos breves. La hora, la fecha y la duración de cualquier apertura y cierre del bucle de fibra óptica quedan registrados en una memoria interna encriptada. Los precintos electrónicos activos permiten la cooperación con las autoridades nacionales y los explotadores, que están autorizados para conectarlos o desconectarlos. Estas modificaciones quedan grabadas y los inspectores las pueden comparar con las actividades declaradas.

La **fotogrametría láser para la verificación de la contención** es la tecnología de precintado más moderna que se utiliza actualmente. Basada en la tecnología de planimetría

superficial por láser, el láser de dicho sistema genera un mapa en alta resolución de la soldadura de cierre del contenedor cuando los contenedores entran en servicio. Para llevar a cabo la identificación o detectar si ha habido manipulación ilícita se vuelve a escanear la soldadura y se compara el nuevo mapa con la referencia correspondiente.

Fotografías (a menos que se indique otra cosa): OIEA

