

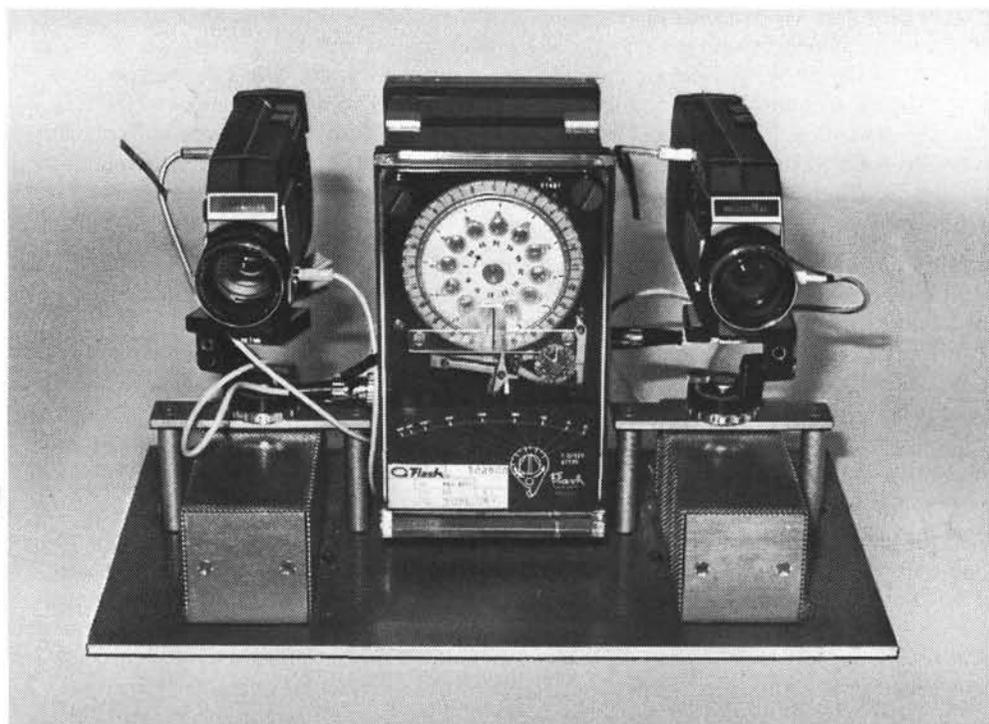
Medidas de vigilancia y contención en apoyo de las salvaguardias del OIEA

Según el documento básico referente a las salvaguardias del OIEA relacionadas con el Tratado sobre la no proliferación [1], la vigilancia y la contención son importantes medidas complementarias de la contabilidad de los materiales nucleares, para lograr el objetivo principal de las salvaguardias: descubrir prontamente la desviación de cantidades importantes de dichos materiales. A los efectos de las salvaguardias del Organismo, por "vigilancia" se entiende la observación, por medio de instrumentos o de personas, para indicar o detectar el movimiento de materiales nucleares. Este artículo está consagrado a la vigilancia por medio de instrumentos, que es la que más practica el Organismo.

Los dispositivos e instrumentos de vigilancia tienen por finalidad indicar o bien que ningún material nuclear ha salido de cierto lugar, o bien que ha salido exclusivamente por los cauces legítimos. Sirven igualmente para indicar si la integridad de la contención de los materiales nucleares, por ejemplo, contenedores, lugares de almacenamiento, vasijas de reactor, etc., se ha mantenido o se ha quebrantado desde la última comprobación. En algunos casos los dispositivos de vigilancia facilitan la identificación de determinados materiales nucleares.

Los instrumentos de vigilancia ofrecen la posibilidad de aumentar la eficacia de las inspecciones y de reducir el trabajo de inspección, ya que pueden funcionar de modo automático durante largos períodos. La vigilancia por instrumentos permite obtener registros duraderos y fidedignos, tales como películas, cintas, indicaciones de los monitores, etc., que los inspectores pueden utilizar a fines de evaluación. Una de las limitaciones de los equipos de vigilancia existentes hoy día es que, en la mayoría de los casos, no indican la cantidad extraída de materiales nucleares. Por ejemplo, no se puede averiguar con un registro óptico de la operación el número exacto de elementos combustibles irradiados durante la recarga de un reactor ni el número de elementos cargados en un cofre de transporte. Las cámaras de vigilancia solo registran los movimientos de la máquina de recarga o del cofre, con indicación del tiempo de estos movimientos según los instrumentos. Sin embargo, esta insuficiencia es compensada por el hecho de que el OIEA ha desarrollado un sistema de salvaguardias bien equilibrado, en el que la vigilancia se combina con otras técnicas para obtener la confirmación necesaria de que los movimientos declarados de materiales son esencialmente correctos. La vigilancia adquiere particular importancia en aquellos casos en los que no es posible aplicar satisfactoriamente métodos de ensayo no destructivo.

El Organismo ha acumulado considerable experiencia práctica en la utilización cotidiana de equipo de vigilancia. Esta experiencia ha demostrado el valor de las medidas de vigilancia. En cambio, ha puesto de manifiesto ciertas limitaciones de las posibilidades del equipo y evidenciado la necesidad de emplear las técnicas más avanzadas para superarlas. Una de las funciones permanentes de la División de Desarrollo y de Servicios Técnicos es ejecutar un programa de investigación con este objetivo. Este programa ha sido elaborado y es objeto de revisión periódica en consulta con inspectores, y se ejecuta en cooperación con centros de investigación, laboratorios, firmas, etc. nacionales. El programa de desarrollo ha cobrado nuevo ímpetu como resultado de la decisión adoptada por algunos países de facilitar apoyo técnico para reforzar todavía más las salvaguardias del OIEA.



Sistema fotográfico de vigilancia basado en el tomavistas Minolta Super-8. La mayoría de los sistemas de vigilancia utilizados hoy día regularmente son de este tipo. Se está ensayando en la Sede del OIEA e in situ un modelo recientemente creado, que tiene un cronorregulador electrónico miniaturizado en vez de un disparador electromecánico.

Pasando de las condiciones generales de la vigilancia a las características concretas del equipo necesario, éstas pueden especificarse como sigue. El equipo debe ser: a) fiable; b) capaz de funcionamiento automático en las plantas durante largos períodos de tiempo; c) a prueba de manipulaciones o revelador de las mismas; d) eficaz; e) fácil de manejar; f) capaz de funcionar con un mantenimiento mínimo; g) capaz de funcionar sin entorpecer el trabajo de la planta. Además, su costo unitario no debe ser elevado.

En ciertos casos es indispensable que el equipo de salvaguardias sea portátil; por ejemplo, los inspectores tienen que llevar a varios países en el curso de una sola misión el equipo para mediciones no destructivas. En lo que respecta al equipo de vigilancia, esta característica no es esencial, aunque ha de ser transportable y fácil de montar en la planta en la que deberá funcionar durante varios años. En todo caso, nunca se insistirá demasiado en la importancia de la fiabilidad del equipo pues, a veces, un fallo de los instrumentos significa que, a menos que éstos se usen por duplicado, faltará información esencial que solo puede obtenerse volviendo a hacer el inventario físico correspondiente, tarea muy engorrosa y costosa.

Una dificultad es que los instrumentos y dispositivos de vigilancia existentes en el comercio no cumplen a menudo los requisitos del Organismo y éste ha tenido que realizar su propio equipo. Esto se hace económicamente utilizando productos comerciales corrientes de fiabilidad demostrada en la medida de lo posible.

El dispositivo de vigilancia más sencillo — y más antiguo — empleado por el Organismo es el precinto, al que se ha recurrido en gran escala durante el último decenio. Los precintos

se usan para detectar con seguridad el quebrantamiento de la integridad de la contención. El precinto está constituido por dos piezas metálicas que se insertan una en otra. Se fija con un trozo de alambre cuyas extremidades se atan dentro del mismo antes de cerrarlo. El precinto se ha concebido de modo que cualquier tentativa de abrirlo sea detectable. Su inconveniente estriba en que es imposible descubrir in situ si ha sido sustituido por otro falso. Esta sustitución solo puede averiguarse en la Sede del Organismo utilizando un método microfotográfico de comparación. Para ello hay que cambiarlo por otro y llevarlo al Organismo.

A fin de superar esas dificultades se han emprendido trabajos para perfeccionar los precintos y sus métodos de aplicación. Entre los precintos objeto de estos trabajos cabe mencionar los basados en fibras ópticas, que permiten al inspector verificar su integridad in situ. Para comprobar el precinto se examinan la continuidad de las fibras de las anillas de la lazada de cierre observando o fotografiando la transmisión de la luz por las fibras. Las fibras de cada precinto dan una imagen característica de puntos luminosos, que viene a ser como la "huella dactilar" del mismo. Por ello no hay necesidad de cambiarlo para verificar su integridad. Las futuras aplicaciones de los precintos a base de fibras ópticas en el marco de las salvaguardias del OIEA se decidirán tras intensivos ensayos in situ.

El Organismo estimula también las investigaciones para el desarrollo de precintos electrónicos. Un primer prototipo es el constituido por un precinto autocontrolado y autoalimentado, el cual presenta una imagen con una indicación cifrada que cambia automáticamente con el tiempo. Aunque el explotador de la instalación pueda leer la indicación, la sucesión correcta de las imágenes solo la conoce el inspector. Por tanto el precinto puede ser comprobado en cada inspección. Otra característica interesante es que el inspector puede telefonar o telegrafiar al explotador de la instalación para preguntarle la indicación que presenta el precinto. Por la indicación sabe el inspector si el precinto ha sido o no abierto.

Además de ejecutar su propio programa de desarrollo de precintos, el Organismo recibe información acerca de los trabajos que realizan en este mismo terreno algunos Estados Miembros. Entre las técnicas así examinadas figura el empleo de ultrasonidos para identificar los precintos. Se han fabricado precintos que, cuando son barridos por un aparato especial de ultrasonidos, se producen un reflejo de los mismos que es característico para cada precinto.

Los instrumentos de vigilancia basados en componentes ópticos o electroópticos pueden proporcionar información sobre el movimiento de los materiales nucleares o la integridad de la contención. Para ello se han elaborado varios sistemas fotográficos, basados en cámaras fotográficas normales o en tomavistas Super-8, de 16 mm y de 35 mm, de tipo comercial. Estos conjuntos se caracterizan por poseer un dispositivo de relojería que dispara la cámara a intervalos prefijados, y por estar montados dentro de una caja que revela las manipulaciones. Por lo general este sistema se instala en un lugar estratégico de la planta para vigilar zonas de especial interés, tales como la parte superior del reactor, el estanque para el combustible irradiado, etc. Examinando las películas reveladas el inspector puede comprobar si la recarga del reactor, la expedición del combustible irradiado, etc. se ha hecho por los cauces legítimos y en conformidad con el programa comunicado al Organismo. El sistema es alimentado con baterías o con corriente de la red. En ciertos casos las baterías pueden agotarse antes de tiempo, en particular cuando el sistema funciona en condiciones ambientales extremadamente adversas. Esto tiende a disminuir la fiabilidad del sistema.

Sistema de vigilancia por televisión provisto de emisor de rayos infrarrojos que hace innecesaria la revelación de la película. El sistema video actualmente en desarrollo ofrece otras ventajas tales como capacidad para un gran número de fotogramas, gran fiabilidad y registro selectivo de sucesos. ▶



Cuadro 1: Algunas características del sistema Minolta

Modelo	Situación (en uso o en desarrollo)	Peso (kg)	Dimensiones (mm)
Modelo 1,2	Plenamente comprobado; se usa hace más de 5 años	18,2	490 X 330 X 335
Modelo 3	En ensayo en la Sede	4,7	240 X 215 X 330
Modelo 4	En ensayo en la Sede e in situ	2,6	95 X 125 X 290

Desde luego la alimentación por medio de la red eléctrica elimina esta dificultad, pero obliga a depender de la corriente de la planta.

El disponer de sistemas fotográficos de vigilancia variados permite seleccionar un aparato que responda lo mejor posible a una serie dada de condiciones. En todo caso, el Organismo ha comprobado que un sistema basado en el tomavistas Minolta Super-8 es el más adecuado y la mayoría de los conjuntos de vigilancia instalados son de este tipo. En consecuencia, los trabajos se han orientado principalmente hacia la mejora de este sistema habiéndose logrado los siguientes perfeccionamientos:

- capacidad mayor de registrar sucesos con poca luz
- instalación y mantenimiento más fáciles in situ
- prolongado funcionamiento automático con un juego de baterías.

La prolongación de la vida útil de las baterías se ha conseguido sustituyendo el disparador electromecánico por un cronorregulador electrónico especialmente concebido. Además el volumen y peso del sistema se ha reducido considerablemente (ver Cuadro 1).

Sin embargo, a causa de las condiciones en que tienen que trabajar, los sistemas fotográficos de vigilancia adolecen de limitaciones, algunas de las cuales son inherentes al propio sistema; por ejemplo:

- número limitado de fotogramas (imágenes) (7 200 fotogramas con el tomavistas Minolta);
- necesidad de revelar las películas (esto impide analizar con el explotador de la planta la información registrada durante la visita del inspector);
- incapacidad de trabajar con luz muy escasa o en un intervalo de luminosidad suficientemente amplio;
- acceso restringido para el mantenimiento del equipo en caso de alto nivel de radiaciones o de contaminación;
- limitaciones de la película debidas a la radiación ambiente;
- ninguna datación directa de los recursos registrados con el sistema Minolta;
- fallos ocasionales en condiciones ambientales extremas.

Para superar estos inconvenientes, se inició un estudio intensivo a fin de hallar otras soluciones. Este estudio ha indicado la posibilidad de emplear cámaras de televisión combinadas con equipo registrador videomagnético, habiéndose diseñado, construido y ensayado varios prototipos en la Sede del OIEA, que, en cooperación con los inspectores, se han ensayado también en distintas plantas y condiciones ambientales.

En general, un sistema de vigilancia por TV consiste en una cámara telecomandada por una unidad de control. Las últimas versiones permiten emplear dos cámaras por unidad de control, con un "divisor" video incorporado que divide la pantalla en dos partes, cuyas áreas relativas son ajustables. Cada cámara puede estar situada hasta a 500 metros de la unidad de control. Se ha modificado la cámara Hitachi HV-16 a fin de hacerla 80 veces más sensible a la luz; se ajusta automáticamente a las variaciones de la luz y da imágenes de calidad aceptable entre 0,5 y 100 000 lux. El vidicón provisto de blanco multidiodo es sensible no solo a la luz visible sino a la región del infrarrojo (800—1100 nm). Así las cámaras pueden equiparse con emisores infrarrojos que eliminan la zona y permiten registrar los sucesos incluso si se apaga por completo la luz normal. Hace mucho tiempo se pensó recurrir a la autoiluminación, por ejemplo, a un flash, para la vigilancia fotográfica, pero se abandonó la idea porque los destellos podrían incomodar al personal operador. Es verosímil que el uso de rayos infrarrojos no produzca molestias y contribuya a resolver algunos problemas. La cámara ha sido concebida para trabajar de modo fiable a temperaturas ambiente comprendidas entre -10°C y $+50^{\circ}\text{C}$.

Todos los componentes de la unidad de control (registrador video, disparador, reloj/calendario video, fuente de corriente eléctrica de emergencia, etc.) están montados dentro de una caja precintada. El registrador video de intervalos prefijados Hitachi SV-612 ha sido modificado con esa finalidad y es capaz de registrar 180 000 imágenes en una cinta magnética estándar de 720 metros. Eso significa que, por término medio, una sola cinta sirve para vigilar la zona de una planta durante un año aproximadamente. El sistema de relojería incorporado, controlado por cristales, imprime sobre cada imagen el mes, día, hora, minuto y segundo en que fue tomada. Un disparador electrónico permite seleccionar una gran variedad de intervalos entre las imágenes o grupos de imágenes. El sistema funciona con fuentes de alimentación eléctrica europeas y americanas así como con baterías de 24 voltios. Necesita relativamente poca energía, unos 250 vatios. Se considera que el depender de la alimentación eléctrica de la instalación no es un problema crucial al emplear un sistema de TV, pues la unidad de control del sistema puede montarse en cualquier lugar donde pueda conectarse fácilmente a la alimentación de emergencia de la planta, a fin de realimentar el sistema unos pocos minutos después de una interrupción de la fuente principal. Las baterías recargables que lleva incorporadas la unidad de control del sistema lo alimentan automáticamente durante varias horas en caso de emergencia.

Las principales ventajas del sistema de vigilancia por TV son las siguientes:

- número muy grande de fotogramas;
- ningún revelado de película;
- obtención de la información registrada sin entrar en una zona contaminada;
- posibilidad de evaluar en cualquier momento, in situ o en la Sede, la información registrada;
- cada imagen lleva la fecha y la hora en que fue tomada;
- mayor resistencia a las radiaciones que los tomavistas;
- capacidad de registrar sucesos en un amplio intervalo de luminosidad; el empleo de rayos infrarrojos parece ofrecer la posibilidad de registrar los sucesos incluso sin luz visible.

El primer sistema de vigilancia por TV fue instalado hace más de año y medio, estando en servicio hoy día varios sistemas en plantas de Asia, Norte y Centro de Europa y América.

La experiencia práctica ya acumulada ha demostrado que este sistema es muy fiable, funciona sin grandes dificultades y no ha requerido trabajos de mantenimiento. Además, encierra considerables posibilidades de perfeccionamiento.

Se están desarrollando otros tipos de equipo de vigilancia, por ejemplo una serie de monitores, algunos de los cuales cuentan el número de haces de combustible irradiado extraídos del reactor, otros los identifican, mientras que otros miden el caudal o el nivel de los líquidos que contienen materiales sometidos a salvaguardias en plantas de reelaboración, etc.

Se ha reconocido la importancia de ejecutar un programa continuo de desarrollo y ensayos encaminado a hallar la combinación óptima de distintos tipos de equipo de vigilancia para cada clase de instalación sometida a salvaguardias. Una parte de los progresos alcanzados en esta materia fue examinada en la Conferencia internacional sobre la energía nucleoelectrica y su ciclo del combustible [2]. La extensa experiencia del OIEA en la aplicación de medidas de vigilancia y contención en las salvaguardias internacionales ha demostrado su eficacia y utilidad. Muchas personas dentro y fuera del Organismo han contribuido a las realizaciones mencionadas. A partir de algunos dispositivos sencillos de vigilancia, el Organismo ha logrado grandes progresos y trabaja hoy día en la elaboración de técnicas y equipo más complicados, eficaces y fiables, a fin de seguir mejorando las salvaguardias del OIEA.

Referencias

- [1] "Estructura y contenido de los acuerdos entre Estados y el Organismo requeridos en relación con el Tratado sobre la no proliferación de las armas nucleares", INFCIRC/153, Viena, 1971.
- [2] A.J. Waligura, Y. Konnov, R. Smith, D. Head, J. Hodgkinson, "Salvaguardias para los reactores con recarga del combustible en marcha — instrumentación y técnicas", memoria presentada en la Conferencia internacional sobre la energía nucleoelectrica y su ciclo del combustible, Salzburgo, Austria, mayo de 1977.