



En el Laboratorio Analítico de Salvaguardias del OIEA, científicos y técnicos determinan la concentración y la composición isotópica de materiales salvaguardados analizando muestras procedentes de instalaciones nucleares.

Los servicios analíticos de salvaguardias: Su papel en la verificación

El OIEA realiza mediciones independientes de los materiales nucleares sujetos a salvaguardias en virtud de acuerdos concertados entre el Organismo y los Estados Miembros. Esas mediciones forman parte de las actividades de inspección de las instalaciones nucleares y contribuyen a asegurar que se descubran prontamente las desviaciones potenciales de cantidades importantes de materiales nucleares de actividades nucleares pacíficas.

Para realizar las mediciones se emplean dos tipos de técnicas:

- Las unidades del material nuclear se verifican en la instalación durante una inspección con el empleo de una *técnica no destructiva* (TND).
- Durante una inspección se toman muestras de una unidad del material nuclear y se efectúa la medición fuera del emplazamiento mediante el *análisis destructivo* (AD).

Los resultados de las mediciones realizadas por el Organismo se reflejan en las conclusiones técnicas de sus actividades de verificación. Unidas a otras actividades de salvaguardia, estas mediciones vienen a confirmar la seguridad del Organismo de que hasta el presente no se han desviado cantidades importantes de materiales hacia aplicaciones no declaradas.

El Departamento de Salvaguardias del OIEA dedica alrededor del 7% de su presupuesto al funcionamiento de un sistema global de *servicios analíticos de salvaguardias* (SAS), que se creó para realizar los AD y prestar ayuda en las mediciones con TND necesarias

El Sr. Deron es el Jefe del Laboratorio Analítico de Salvaguardias del OIEA perteneciente al Departamento de Investigaciones e Isótopos, y el Sr. Wenzel es funcionario del Departamento de Salvaguardias de la División de Desarrollo y Servicios Técnicos. Los autores desean expresar su reconocimiento a todos los colegas y amigos que brindaron su apoyo y participación a los SAS, y les dedican este artículo.

para las actividades de inspección del Departamento. Estos servicios se han venido brindando por más de diez años.

Los análisis en las salvaguardias del Organismo

En el marco del sistema de mediciones del Organismo, las técnicas de AD y TND son complementarias:

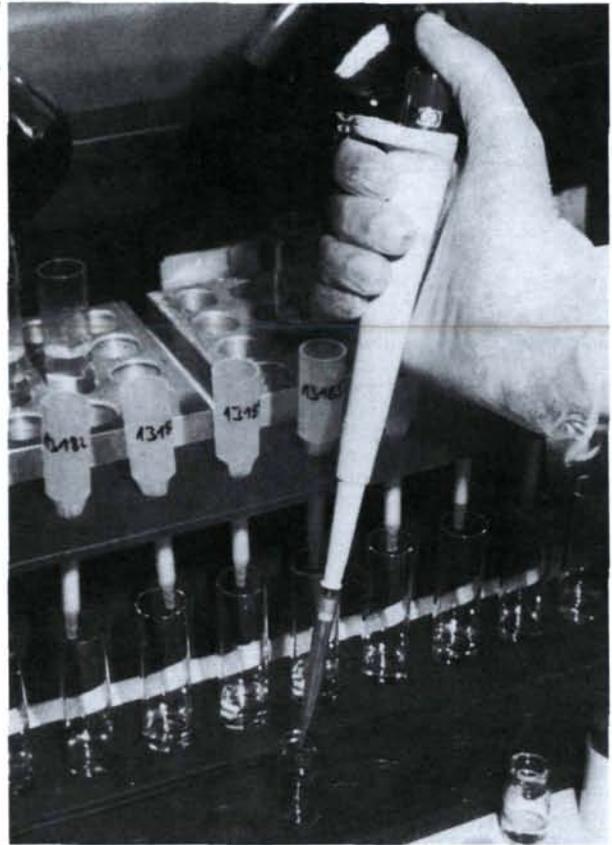
- Las *técnicas no destructivas* se emplean con el propósito de verificar las unidades fabricadas y detectar defectos totales y parciales en los materiales que se manipulan a granel. Las mediciones se realizan con un equipo transportable que se instala durante la inspección, y más tarde se comparan con patrones de materiales nucleares que posean propiedades físicas y químicas similares. Con estas técnicas se obtienen resultados inmediatos. Sin embargo, no siempre se dispone de los patrones de calibración apropiados para determinar en el lugar la exactitud de los resultados.
- El *análisis destructivo* sigue siendo la técnica que arroja los resultados más exactos y veraces. No obstante, las demoras que ocasiona el transporte de las muestras hasta los laboratorios analíticos no permiten garantizar aún mediante el AD la pronta detección de desviaciones repentinas de materiales delicados, como los productos del plutonio o las soluciones de reelaboración del combustible agotado. Así, el AD es especialmente útil para descubrir defectos pequeños que no serían detectados mediante las TND y que después de un período largo podrían acumularse hasta constituir cantidades importantes no declaradas. Por consiguiente, la técnica de AD permite verificar el saldo de los materiales nucleares en un período determinado y la magnitud de la diferencia inexplicada (DI). También es necesaria para la caracterización de los materiales de referencia con que se trabaja.

Salvaguardias

Se utiliza la técnica de "perlas de resina" para obtener muestras pequeñas, pero representativas, de soluciones de combustible agotado.

Una red mundial de laboratorios, conocimientos especializados y servicios técnicos

por S. Deron y U. Wenzel



Servicios analíticos de salvaguardias (SAS)

Los servicios analíticos de salvaguardias del Organismo constituyen un sistema internacional cuyas tareas se distribuyen del siguiente modo:

- El *Departamento de Salvaguardias* del OIEA se ocupa de coordinar los servicios, administrar los materiales nucleares pertinentes y evaluar los resultados de los análisis.
- El *Departamento de Investigaciones e Isótopos* del OIEA, con su *Laboratorio Analítico de Salvaguardias (LAS)*, analiza las muestras, caracteriza los materiales de referencia, y ayuda en la elaboración y comprobación de los procedimientos de muestreo, en el funcionamiento de la Red de Laboratorios Analíticos del Organismo (RLA), y en la evaluación del comportamiento de los servicios.
- La *Red de Laboratorios Analíticos* está integrada por los laboratorios designados por sus respectivos Estados a solicitud del Organismo. La red realiza parte de los análisis y apoya al LAS en el cumplimiento de sus distintas funciones (véase el mapa adjunto).
- Los *Programas de Apoyo de los Estados Miembros* brindan asistencia en la creación, comprobación y aplicación de nuevas técnicas, y prestan otros servicios específicos como el suministro de materiales básicos y de referencia especiales.

(Véase en la presente edición, en relación con este tema, el artículo "Mejor respaldo técnico a las salvaguardias del OIEA".)

Cuándo y cómo se utilizan los servicios

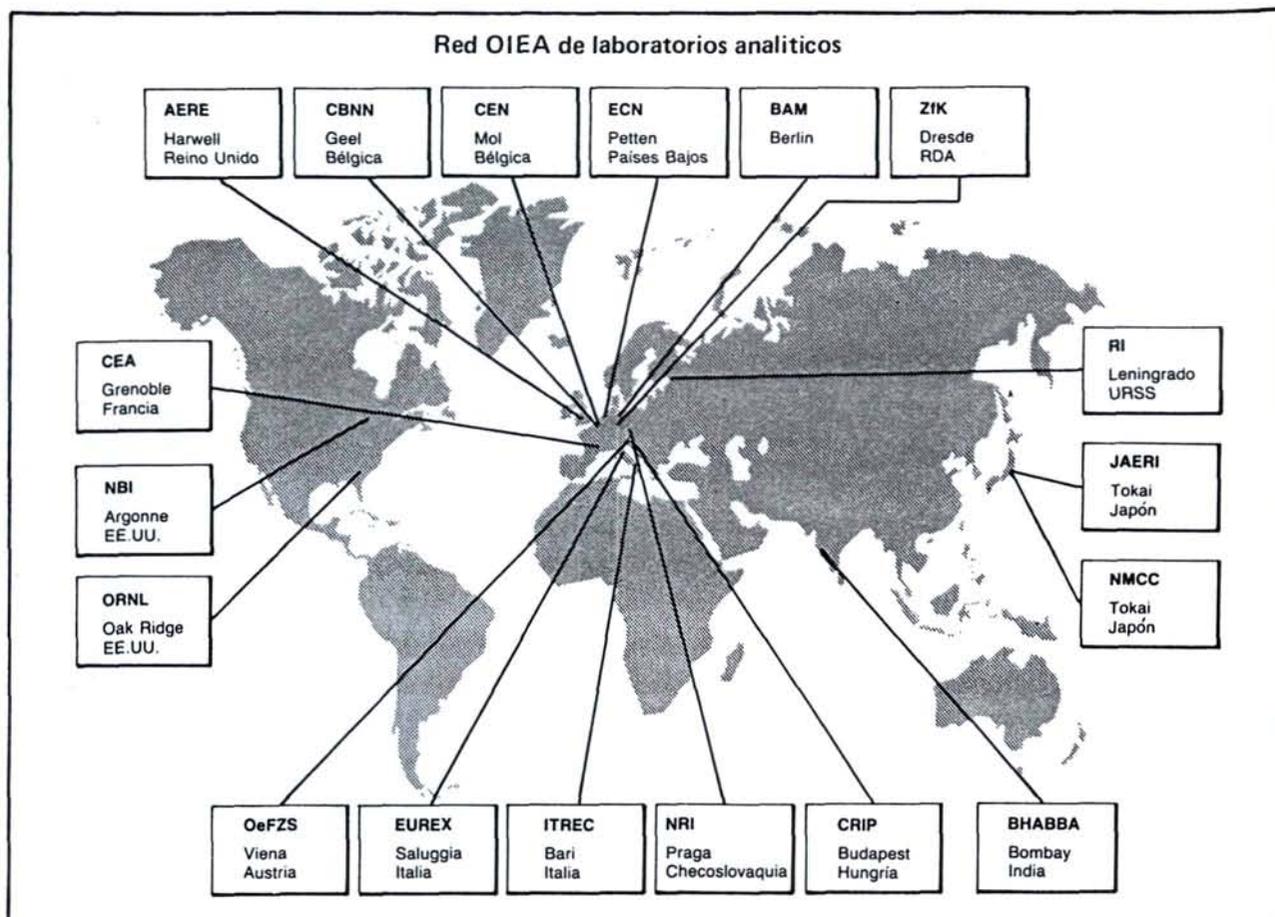
En el marco del sistema de verificación de salvaguardias, el AD se solicita para los tres casos siguientes:

- *Mediciones de verificación directa.* Constituyen alrededor del 80% de los servicios solicitados.
- *Mediciones posteriores a la calibración.* Se realizan a fin de analizar muestras seleccionadas tomadas durante las inspecciones. Las muestras se toman de las unidades que se usan en el terreno como referencias para normalizar las mediciones con TND.
- *Mediciones de certificación.* Se llevan a cabo en muestras de materiales de referencia de trabajo preparados especialmente para la calibración de mediciones de AD o TND.

En todos los casos, el sistema de mediciones de AD incluye determinadas etapas, las cuales deben cumplirse según los procedimientos idóneos y con la vigilancia adecuada a fin de obtener resultados certeros y oportunos. Existe un grupo de dirección* encargado de organizar los servicios en cada una de las etapas del sistema del siguiente modo:

- El personal de la instalación realiza el *muestreo* en presencia de un inspector del Organismo. El procedimiento para la toma de muestras, aspecto muy delicado del sistema, se define en consulta con el grupo de dirección y forma parte de un acuerdo concertado con el explotador de la instalación y el Estado.
- El inspector del Organismo inicia el *transporte* de las muestras a los laboratorios del OIEA en Seibersdorf, Austria. El grupo de dirección elabora un procedimiento tipo para esas transferencias. Dicho procedimiento se basa en las regulaciones y acuerdos internacionales relativos a las Inmunidades y Privilegios del Organismo

* La administración de los servicios analíticos de salvaguardias del OIEA está a cargo de un grupo de dirección integrado por funcionarios de las Divisiones de Desarrollo y Servicios Técnicos y de Evaluación de Salvaguardias, ambas del Departamento de Salvaguardias, así como de los Laboratorios de Seibersdorf, pertenecientes al Departamento de Investigaciones e Isótopos.



y acelera en gran medida las transferencias cuando se puede asegurar su cumplimiento. El grupo también organiza la distribución de las muestras al LAS o a la RLA después que llegan a Viena.

- El LAS y la RLA efectúan los *análisis* con métodos de normas de precisión y exactitud aceptadas internacionalmente (véase el cuadro adjunto). Se informa de los resultados al Departamento de Salvaguardias. En dicho Departamento se realiza una evaluación estadística para comparar esos resultados con los presentados por los explotadores de la instalación. Tal evaluación es necesaria para complementar el Informe de Inspección del Organismo, que se envía al Estado interesado, y el *Informe sobre la Puesta en Práctica de las Salvaguardias* que se presenta anualmente a la Junta de Gobernadores.

- La *garantía de calidad* se lleva a cabo para suministrar pruebas sobre la calidad de los resultados analíticos obtenidos en el LAS y en la RLA. Otros elementos del control de la calidad son el seguimiento de las muestras y la vigilancia del proceso, de los cuales es responsable el grupo de dirección.

- La *evacuación de los residuos de las muestras*, otra tarea del grupo, se efectúa mediante su devolución a los países de origen, mientras que los desechos radiactivos analíticos se envían a las instalaciones que han celebrado contratos con el Organismo o con un Estado Miembro.

- La *capacitación* de los nuevos inspectores comprende una presentación por parte del grupo de dirección de los requisitos y procedimientos del sistema y una visita al LAS. Un objetivo importante del grupo en estas sesiones es promover los contactos personales entre inspectores, analistas y estadísticos.

- El *perfeccionamiento de las técnicas de análisis destructivo* es una tarea de carácter permanente encaminada a mantener la calidad de las mediciones del Organismo acorde con las normas necesarias.

Asistencia de los Estados Miembros

En todas estas actividades, el OIEA cuenta con la asistencia de los Estados Miembros, por lo general en el marco de los programas de apoyo. La asistencia abarca las cinco esferas siguientes:

- Adaptación de los avances en tecnología analítica a las aplicaciones de las salvaguardias (por ejemplo, la coulimetría del plutonio, la amperimetría, y la espectrometría de masas por disolución isotópica).

- Creación de estaciones fijas de medición analítica para uso in situ (por ejemplo, densitómetros de discontinuidad K y de rayos X, instrumento combinado de fluorescencia X y discontinuidad K, espectrómetro de masas cuadrupolar y espectrofotometría óptica).

- Adquisición de equipo y materiales básicos y de referencia especiales.

- Establecimiento del programa analítico de garantía de calidad del LAS y de la RLA, con ayuda de expertos en análisis y estadísticos.

- Estudio de factibilidad y diseño de las instalaciones analíticas explotadas por el Organismo en las plantas grandes de combustible de plutonio.

Comportamiento del sistema

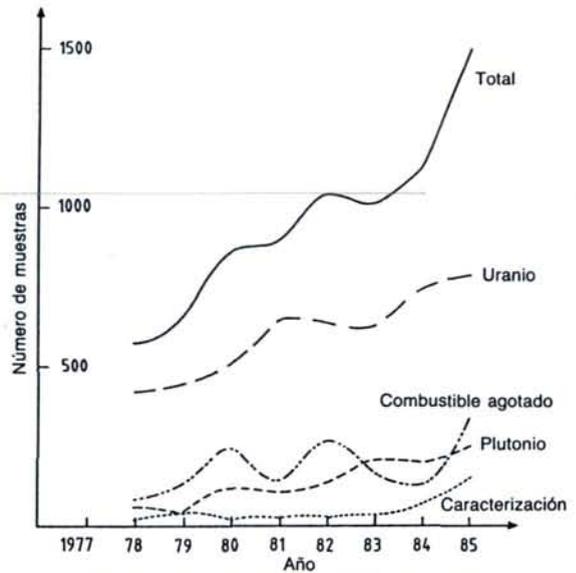
Se puede hacer referencia a diversos indicadores del comportamiento del sistema.

● El volumen de análisis se triplicó en el último decenio. (Véase el gráfico adjunto, que muestra el crecimiento en la ejecución de verificaciones de AD.)

● El tiempo de respuesta también mejora rápidamente. En el transcurso de los últimos cinco años disminuyeron las demoras tanto en el transporte como en el análisis de las muestras, pese al rápido crecimiento del volumen. Un ejercicio realizado en una planta de reelaboración del combustible irradiado en su campaña de 1985 demostró que es posible informar oportunamente los resultados del análisis destructivo de los materiales de entrada y de los productos dentro de los 30 días siguientes al muestreo si se hace cumplir el procedimiento tipo para la transferencia de muestras. El análisis destructivo fuera del emplazamiento se podría emplear incluso en la detección de defectos globales y parciales. (Véase el gráfico adjunto.)

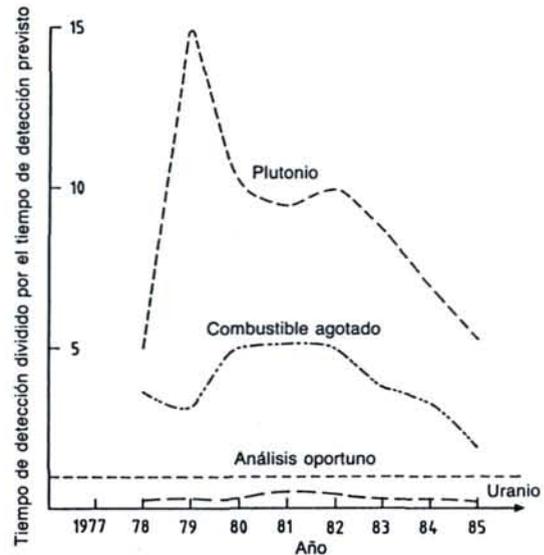
● La calidad de los análisis es comparable o superior a las normas analíticas establecidas por un grupo de expertos establecido a escala mundial bajo los auspicios de la Asociación Europea para el Desarrollo y la Investigación en Salvaguardias (AEDIS). (Véase el cuadro.) En general, las diferencias entre los resultados de los explotadores y los del OIEA han disminuido con los años. Los análisis del plutonio en las soluciones de combustible agotado son un ejemplo notable del progreso

Volumen de análisis de muestras de inspección, 1977-1985



Nota: El gráfico se refiere a la ejecución de verificaciones de los análisis destructivos.

Tiempo de detección con el empleo de análisis destructivos



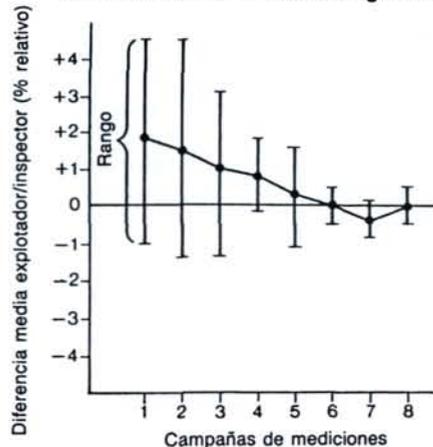
**Laboratorio Analítico de Salvaguardias (LAS):
Análisis de la abundancia isotópica y de los elementos de los materiales nucleares delicados**

Isótopo	Nivel de abundancia (por ciento del peso)	Comportamiento típico del LAS		Valores previstos de la AEDIS para 1983	
		Alea-torio	Sistemat-ico	Alea-torios	Sistemat-icos
U-235	90	0,03	0,03	0,05	0,03
Pu-238	0,3	2,0	2,0	2,0	2,0
	1,5	1,0	1,0	1,0	1,0
Pu-239	50-80	0,10	0,10	0,15	0,10
Pu-240	10-30	0,30	0,30	0,30	0,30
Pu-241	3	0,50	0,50	0,50	1,0
	15	0,30	0,30	0,50	0,30
Pu-242	1-5	0,50	0,50	0,50	0,50

Tipo de material	Elemento	Alea-torio	Sistemat-ico	Alea-torios	Sistemat-icos
Oxido de U sinterizado	U	0,02	0,05	0,05	0,10
Entrada de combustible agotado	U	0,50	0,50	0,50	0,50
	Pu	0,50	0,50	0,50	0,50
Muestras de Pu (gramo-tamaño) nitratos de Pu ó U/Pu	Pu	0,15	0,20	0,20	0,20
	U	0,15	0,20	0,20	0,20
PuO ₂ — en polvo	Pu	0,15	0,20	0,20	0,20
	U	0,15	0,20	0,30	0,20
MOX, FBR	U	0,15	0,20	0,30	0,20
	Pu	0,20	0,40	1,0	0,50
MOX, LWR	U	0,15	0,20	0,30	0,20
	Pu	0,50	1,0	—	—
Muestras de Pu (miligramo-tamaño)	U	0,50	0,50	—	—

U = Uranio AEDIS = Asociación Europea para el Desarrollo y la Investigación en Salvaguardias
 Pu = Plutonio
 FBR = reactor reproductor rápido LWR = reactor de agua ligera
 MOX = mezcla de óxidos de uranio y plutonio
 Nota estadística: Los resultados esperados de las mediciones se expresan en por cientos relativos a la desviación típica de error aleatorio y sistemático.

Ejecución de análisis de plutonio en muestras de combustible agotado



alcanzado en la responsabilidad por los materiales fisionables delicados y su verificación. (Véase el gráfico adjunto.)

Tendencias y perspectivas

El Departamento de Salvaguardias prevé que para 1990 los SAS dupliquen su producción de muestras de inspección. Para lograr este objetivo, se espera que la estructura de los SAS se amplíe en un 25% aproximadamente. Además, los resultados mejorarán con el empleo de nuevas técnicas (tales como la utilización de técnicas de trazador cuadrupolar, consultas frecuentes con representantes experimentados de la RLA, y la búsqueda de acuerdos con las autoridades pertinentes de los Estados Miembros y con los explotadores de las instalaciones para el rápido traslado de las muestras).

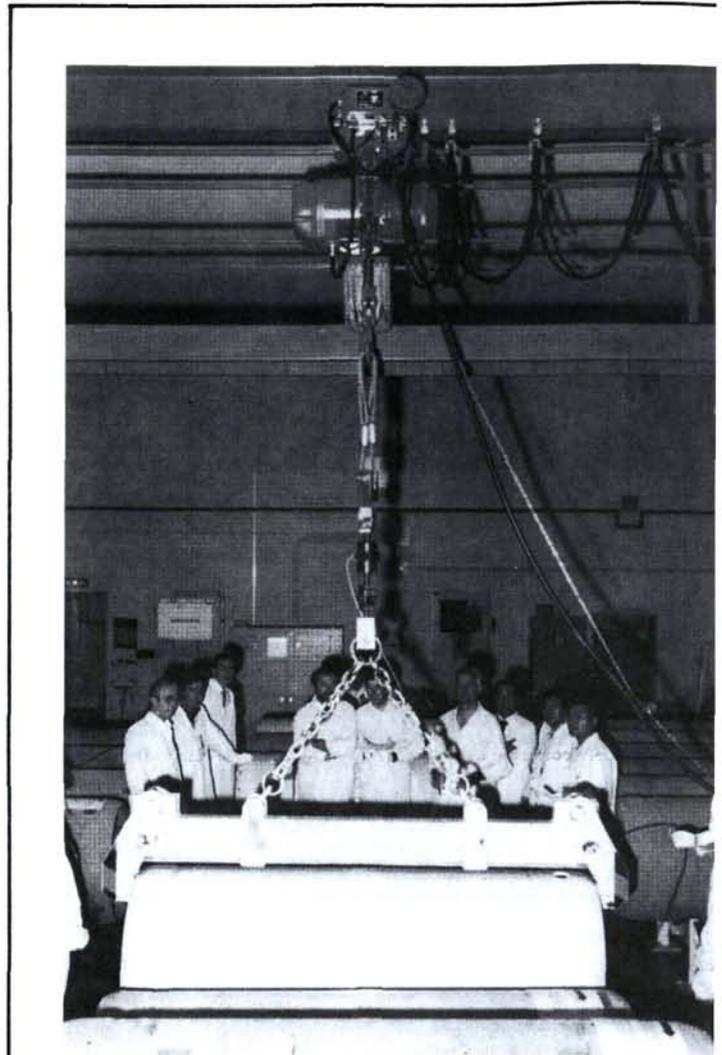
A partir de 1990, se pondrán en servicio grandes plantas de elaboración y enriquecimiento de uranio que se encuentran en la actualidad en la etapa de diseño o construcción. Debido al volumen de su producción, aun los defectos pequeños se acumularían rápidamente para formar cantidades notables. Su detección en el marco de los objetivos de salvaguardias requerirá que los resultados de los análisis se obtengan con rapidez y suficiente exactitud. Con este fin, los SAS están investigando opciones distintas de la del análisis destructivo fuera del emplazamiento que se realiza en el presente. Estas opciones son las siguientes:

- Mediciones analíticas efectuadas en la planta por inspectores del Organismo con instrumentos instalados.
- Funcionamiento de laboratorios analíticos en las instalaciones, atendidos por personal del Organismo.

Estos métodos cambiarían notablemente la naturaleza de los servicios analíticos que se requieren. Los SAS deberían capacitar a los inspectores y a los analistas; investigar y evaluar la idoneidad de los nuevos métodos y adaptarlos a las condiciones específicas de la instalación; y suministrar la calibración, la dotación lógica y el mantenimiento de los instrumentos instalados. Además, los SAS operarán un programa de garantía de la calidad que proporcione pruebas de la calidad de los resultados analíticos obtenidos en las mediciones en el emplazamiento.

La instalación de estaciones y laboratorios de mediciones en el emplazamiento requeriría la aceptación de los Estados Miembros del Organismo interesados. En consecuencia, los SAS están intensificando sus esfuerzos para servir de solución de apoyo a las opciones antes mencionadas. Según se señala en este artículo, las tendencias de la labor realizada por los SAS indican que este método parece ser viable sin afectar negativamente la calidad del sistema de verificación de las salvaguardias.

Después de 10 años de funcionamiento, y a pesar de su complejidad, existe un buen dominio de los SAS. Con todo, estos servicios se mantienen al tanto de las nuevas necesidades y son suficientemente flexibles para adaptarse sin dificultad a nuevos métodos. El OIEA puede confiar en los enormes recursos y conocimientos técnicos disponibles mediante la colaboración de más de 20 laboratorios nacionales o internacionales, numerosos laboratorios situados en las plantas y los múltiples contactos establecidos con las autoridades nacionales y los transportadores.



Utilización de un sistema de pesaje basado en transductores hidráulicos y eléctricos para verificar el peso (aproximadamente tres toneladas) de un cilindro de hexafluoruro de uranio.

El caballo de batalla del inspector para la medición de espectros de radiación gamma es el mini-MCA portátil.

