

El objetivo técnico de las salvaguardias

EL COMPROMISO DE NO DESVIACIÓN Y EL OBJETIVO DE LAS SALVAGUARDIAS

Desde la creación del Organismo Internacional de Energía Atómica en 1957 se ha impuesto cada vez más la idea de que el medio políticamente aceptable para poner en práctica las salvaguardias son los acuerdos entre uno o más Estados y el Organismo. La piedra angular de estos acuerdos es un compromiso básico asumido por el Estado. Antes de la entrada en vigor del Tratado sobre la no proliferación, este compromiso básico se enunciaba siempre en el propio acuerdo, en conformidad con la disposición del Estatuto del Organismo según la cual "los materiales fisionables especiales y otros, así como los servicios, equipo, instalaciones e información" no serán "utilizados de modo que contribuyan a fines militares".

Un compromiso análogo figura en el Tratado sobre la no proliferación de las armas nucleares (TNP), sobre el que se llegó a un acuerdo en 1968 y que entró en vigor en 1970. Los Estados Partes en el TNP se comprometen a impedir que "la energía nuclear se desvíe de usos pacíficos hacia armas nucleares u otros dispositivos nucleares explosivos". Igualmente conciertan acuerdos con el OIEA para la aplicación de salvaguardias. En estos acuerdos no se repite el compromiso, pero se incorpora por vía de referencia.

Todos los tipos de acuerdo de salvaguardia concertados con el Organismo contienen un compromiso suplementario de aceptar salvaguardias para asegurar el cumplimiento sin fallas del compromiso básico. Esto significa que la autoridad que aplica las salvaguardias tiene que comprobar que los materiales y equipo nucleares no se utilizan para actividades contrarias al compromiso básico. Hace muchos años que se discute la cuestión de cómo probar de modo convincente que no se hace una cosa determinada. Fruto de este debate es la definición del objetivo de las salvaguardias. El Comité de Salvaguardias (1970) puso especial atención en la tarea de formular el objetivo de las salvaguardias para incorporarlo en todos los acuerdos de salvaguardia que se concertase en relación con el TNP. La segunda parte del acuerdo, que especifica los procedimientos

aplicables, empieza definiendo el objetivo de las salvaguardias, el cual es "descubrir prontamente la desviación de cantidades importantes de materiales nucleares de actividades nucleares pacíficas hacia la fabricación de armas nucleares o de otros dispositivos nucleares explosivos o con fines desconocidos, y disuadir de tal desviación ante el riesgo de su pronto descubrimiento".

La inclusión de la frase "o con fines desconocidos" es de gran importancia para la aplicación práctica de las salvaguardias. La expresión significa que la autoridad que aplica las salvaguardias no ha de demostrar ya que se fabriquen dispositivos determinados, cosa difícil en la práctica. La desaparición de materiales nucleares se considera una desviación por sí misma. La expresión "descubrir prontamente la

desviación de cantidades importantes de materiales nucleares" hace destacar como puntos de interés los materiales nucleares y la disposición de que deben utilizarse exclusivamente para actividades nucleares pacíficas. Así es como el objetivo de las salvaguardias se define — en términos generales — en los acuerdos entre los Estados y el Organismo.

Para planificar racionalmente los trabajos de salvaguardia dentro de la Secretaría del Organismo es preciso expresar este objetivo general en términos prácticos y concretos: hay que seleccionar los valores que deben darse a las "cantidades importantes", como es usual en estadística, y a otros parámetros tales como la probabilidad de descubrimiento, la prontitud, la incertidumbre, etc. Gracias a esta cuantificación el objetivo queda técnicamente definido y puede utilizarse como pauta en los trabajos cotidianos de salvaguardia. La cuantificación es resultado de numerosos debates de Grupos de Expertos de Estados Miembros y fruto de la gran experiencia adquirida por el OIEA en la contabilidad de los materiales nucleares. Conviene tener presente que los valores seleccionados lo son en función de los actuales medios de acción; se depurarán y adaptarán conforme lo permita el progreso tecnológico. Además, sólo tiene significación dentro del contexto y la estructura del sistema de contabilidad y del plan de verificación aplicados.

CONTABILIDAD Y VERIFICACION

La contabilidad se basa en los inventarios iniciales de los materiales nucleares y en los cambios sucesivos de dichos inventarios, que se registran en la instalación y se comunican al OIEA. De los aumentos y disminuciones del inventario inicial resulta el denominado "inventario contable", es decir, la cantidad de materiales nucleares que "*debe haber*" en una instalación determinada o en una zona dada de balance de materiales. Periódicamente, el explotador de la instalación hace inventario físico en tal zona de balance de materiales, midiendo los materiales nucleares que efectivamente

"*hay*". Debido al margen de indeterminación inherente a las mediciones, casi siempre existen diferencias entre lo que "*debe haber*" y lo que "*hay*" — entre el inventario contable y el inventario físico. También puede haber discrepancias por otras razones, por ejemplo, que no se mida alguna parte del inventario o que haya una pérdida de materiales no medida. La diferencia entre el inventario contable y el inventario físico se denomina "diferencia inexplicada", en forma abreviada "DI". Por ser una variable que depende de las mediciones, la DI está sujeta a indeterminaciones, lo mismo que las propias mediciones. La DI y su margen de indeterminación permiten juzgar la calidad del balance de materiales; indican al explotador de la instalación los límites de su conocimiento acerca del paradero de sus materiales nucleares.

La verificación de la contabilidad de los materiales por los inspectores del Organismo es una medida de salvaguardia de importancia capital. Se sirve de métodos estadísticos para llegar a conclusiones relativas a la aceptación o rechazo del balance de materiales y a la no desviación. Los numerosos componentes de un balance de materiales, las entradas en una zona de balance de materiales, las salidas de la misma, y todos los lotes de materiales que constituyen el inventario inicial y el final se comprueban por medición o análisis químico independientes, basados en un plan de muestreo aleatorio. Por tanto, cuando el Organismo formula sus conclusiones con respecto a la no desviación, estas conclusiones están supeditadas a las probabilidades admitidas al establecer los planes de muestreo. La Secretaría del OIEA ha fijado, siguiendo las recomendaciones de grupos de expertos, en 95% la probabilidad de descubrir la falta de una cantidad importante, y en 95% también la probabilidad de determinar correctamente esta cantidad (grado de confianza). En consecuencia, la cantidad importante que, según el objetivo de las salvaguardias, *debe* descubrirse en caso de desviación, resulta igual a la cantidad importante que *puede* descubrirse, si falta, gracias al balance

de materiales que hace el explotador de la instalación y verifican los inspectores del Organismo. Los acuerdos de salvaguardias disponen que el sistema de mediciones utilizado para la contabilidad de los materiales ha de estar en armonía con las últimas normas internacionales. Así pues, el grado de perfeccionamiento alcanzado en la medición y análisis de los materiales nucleares es la premisa de que hay que partir para definir el objetivo cuantitativo y técnico de las salvaguardias.

El OIEA ha acopiado datos sobre el grado de exactitud alcanzado en la determinación de los materiales nucleares, utilizando la información facilitada por explotadores de instalaciones y por laboratorios de Estados Miembros que están preparando métodos avanzados. De estos datos se han deducido los grados de exactitud aplicables a cualquier instalación que realice el mismo tipo de operación. Son los siguientes (en porcentaje del caudal de materiales):

Para el enriquecimiento de uranio	±0,2%
Para la fabricación de combustible de uranio	±0,3%
Para la fabricación de combustible de plutonio	±0,5%
Para el uranio en reactores de potencia	±0,2%
Para la reelaboración, línea de producción de uranio	±0,8%
Para la reelaboración, línea de producción de plutonio	±1,0%

Estos grados de exactitud se expresan en forma de desviación estándar¹⁾ y representan el error total cometido al hacer el balance de materiales; sus elementos componentes proceden de todos los tipos de mediciones efectuadas, tales como pesadas, lecturas de espectrómetros, etc., así como del muestreo, la calibración del equipo, la suma de diversos lotes, etc. Hoy día buen número de instalaciones trabajan incluso mejor de lo que estas cifras indican, pero las mismas se

han redondeado al valor máximo alcanzable para evitar discusiones sobre los resultados mejores o peores de cada instalación.

Multiplcando los márgenes de aproximación por dos se obtienen las cantidades, expresadas en porcentaje del caudal de materiales de la instalación, que deberán y podrán ser descubiertas, si faltasen, al final del largo proceso que supone un balance de materiales verificado. Durante el proceso se ha adquirido la certeza de que la contabilidad refleja correctamente todas las transacciones. El descubrimiento de la falta de esa cantidad con las probabilidades definidas representa el objetivo técnico más elevado que se puede alcanzar con las mediciones contables únicamente.

EVALUACION Y OPTIMIZACION

Actualmente alrededor de 300 instalaciones están sometidas a salvaguardias del Organismo. Por lo menos un tercio de las mismas están subdivididas en dos o más zonas de balance de materiales. En todas ellas el objetivo técnico de la labor de salvaguardia, fundado en las posibilidades ofrecidas por la contabilidad de los materiales nucleares, se pone continuamente a prueba desde el punto de vista del cumplimiento del compromiso incorporado en los acuerdos de salvaguardia y en el TNP. Esto significa que las cantidades importantes de materiales nucleares que han de descubrirse se comparan con las "cantidades umbral" de estos materiales necesarias para fabricar un dispositivo nuclear explosivo, es decir, un arma nuclear. Lo mismo que en el caso de la cantidad importante, no es posible expresar con una sola cifra concreta la cantidad umbral. En lugar de ello, ha de recurrirse a un proceso valorativo en el que intervienen otros nuevos aspectos.

Este proceso empieza con la consideración de los límites superiores de una serie de cantidades umbral recomendadas por un grupo de expertos internacionales de Estados Miembros del Organismo. En opinión de los expertos, ocho kilogramos anuales de plutonio, como máximo,

1) La desviación estándar de un grupo de mediciones del mismo valor se calcula por la fórmula:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

y 25 kilogramos anuales de uranio-235 contenido, como máximo, son cifras válidas en todas las situaciones.

De un primer examen superficial resulta evidente que la fase más crítica del ciclo del combustible nuclear, desde el punto de vista de las salvaguardias, es aquélla en que el plutonio se separa en forma pura de los productos de fisión altamente radiactivos y de la masa restante de uranio. Esta es la finalidad de las plantas de reelaboración química de combustible nuclear. Una planta de esta naturaleza puede tratar hoy día un caudal de 1 000 kilogramos de plutonio anuales. Es evidente que si en la contabilidad de materiales se hiciese balance una sola vez al año, el grado de exactitud indicado en la página 15 haría que la razón de la cantidad umbral a la cantidad importante fuese muy poco satisfactoria. Por tanto, en tales plantas, el inventario físico, su verificación y el balance de materiales deben hacerse cada cuatro años. Esto sucede, evidentemente, tanto en beneficio del explotador de la instalación como de los inspectores de salvaguardia, pues así queda asegurado el pronto descubrimiento y la cantidad importante que ha de descubrirse, caso de faltar, es aceptable.

Se prevé que en los próximos años entrarán en servicio instalaciones de reelaboración con una capacidad de 5 a 10 veces mayor que la de las actuales plantas. El problema consiste en saber si en estas instalaciones podrá alcanzarse el objetivo técnico de las salvaguardias y cómo.

Hay tres factores favorables que incitan al optimismo en las predicciones sobre el particular. En primer lugar, los explotadores de plantas, laboratorios nacionales y grupos de desarrollo de salvaguardias están trabajando afanosamente para mejorar la exactitud de la contabilidad de los materiales y los procedimientos de verificación conexos. Hoy día hay buenas razones para esperar que la exactitud de la contabilidad del plutonio en las grandes plantas se duplicará, alcanzando 0,5% del caudal. En segundo lugar, se está estudiando

un plan de balances más frecuentes de materiales para garantizar el pronto descubrimiento. Con esa finalidad, se están elaborando métodos perfeccionados para hacer el inventario físico, métodos que no influirán prácticamente en la continuidad de funcionamiento de la planta.

Por último, aunque no lo menos importante, se prestará particular atención a todas las posibilidades de proteger los materiales nucleares mediante la contención física dentro de la planta. Esta última medida se complementará con la vigilancia, de preferencia por medio de instrumentos automáticos cuando corra a cargo de inspectores internacionales de salvaguardia. Además, las autoridades nacionales, en cumplimiento de lo dispuesto en sus reglamentaciones, ordenarán medidas de protección física de los materiales nucleares.

El rápido crecimiento previsto de las actividades nucleares en los años venideros hará necesarios nuevos métodos para mantener una relación óptima costo/eficacia en los trabajos de salvaguardia. Se trató de seguir alcanzando el objetivo sin aumentar los gastos al mismo ritmo que la producción nucleoelectrónica. Un nuevo camino para llegar a esta meta es adaptar el objetivo técnico a la importancia de los materiales nucleares desde el punto de vista de las salvaguardias; esto podría hacerse estableciendo una clasificación de los materiales nucleares según criterios que definan los incentivos para su desviación.

Es evidente, por ejemplo, que el plutonio contenido en el combustible irradiado de un reactor de potencia presenta poco interés desde el punto de vista de la desviación en un país que no posea ninguna de las instalaciones altamente especializadas necesarias para su separación. Es prácticamente imposible desviar "in situ" la cantidad exacta de este material que hace falta para construir un dispositivo nuclear explosivo. Sin embargo, no puede descartarse la posibilidad de que se sustraigan, durante períodos relativamente largos, cantidades considerables, incluso en forma de material irradiado y sin separar.

Por tanto, las salvaguardias deberían aplicarse también de modo continuo a estos materiales, pero para el objetivo técnico de las salvaguardias, es decir, la cantidad importante que ha de descubrirse, si falta, podría fijarse un valor más alto.

Lo mismo puede decirse del uranio poco enriquecido de un país que carezca de instalaciones de enriquecimiento. Es menos fácil tener en cuenta la composición isotópica del plutonio. Juzgar, por ejemplo, las posibilidades de construir un dispositivo nuclear explosivo a partir del plutonio corriente de un reactor de potencia no es sólo un problema técnico, sino un problema en el que intervienen suposiciones relativas a las circunstancias en las que el dispositivo podría utilizarse. Sea como fuere, una clasificación de los materiales nucleares con vistas a la introducción de "salvaguardias graduadas" — un sistema que

tenga en cuenta el contenido de núcleos fisionables en el material y su grado de contaminación por productos de fisión, así como las características del ciclo del combustible nuclear del Estado en cuestión — es probablemente una de las posibilidades más interesantes de optimización en el futuro.

Se precisarán esfuerzos continuos para dar una forma práctica a este concepto. Lo mismo ocurrirá con otras ideas y técnicas interesantes, tales como la implantación de sistemas de medición más exactos, el empleo de la composición isotópica y de otros medios de correlación, el análisis de las tendencias, etc. Su pronta puesta en práctica será decisiva para la capacidad del Organismo de mantener salvaguardias eficaces. Esta meta sólo se alcanzará si el Organismo dispone de los recursos materiales e intelectuales necesarios.

Precinto del OIEA en la tapa del núcleo del reactor de una central

