



Asamblea General

Distr. limitada
14 de diciembre de 2010
Español
Original: inglés

Comisión sobre la Utilización del Espacio

Ultraterrestre con Fines Pacíficos

Subcomisión de Asuntos Científicos y Técnicos

48º período de sesiones

Viena, 7 a 18 de febrero de 2011

Tema 10 del programa provisional*

**Utilización de fuentes de energía nuclear
en el espacio ultraterrestre**

Curso práctico sobre la utilización de fuentes de energía nuclear en el espacio ultraterrestre: La seguridad en el diseño y desarrollo de aplicaciones de fuentes de energía nuclear en el espacio ultraterrestre por los Estados Unidos

Documento presentado por los Estados Unidos de América**

Resumen

Los Estados Unidos de América someten las aplicaciones de fuentes de energía nuclear que tienen previsto utilizar en el espacio ultraterrestre a un proceso de análisis de la seguridad y evaluación del riesgo acorde con las directrices pertinentes contenidas en el Marco de seguridad relativo a las aplicaciones de fuentes de energía nuclear en el espacio ultraterrestre publicadas conjuntamente en 2009 por la Subcomisión de Asuntos Científicos y Técnicos y el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA). Los aspectos relacionados con la seguridad son objeto de una cuidadosa atención desde las primeras etapas de diseño tanto de las fuentes de energía nuclear que se utilizan en el espacio como de sus aplicaciones previstas en las misiones. Como la fase de diseño/desarrollo de las fuentes de energía nuclear que se utilizan en el espacio es habitualmente bastante anterior a las aplicaciones específicas

* A/AC.105/C.1/L.306.

** El presente documento se basa en el documento de sesión A/AC.105/C.1/2011/CRP.6.



de esas fuentes, los fundamentos de la seguridad de las fuentes de energía nuclear que utilizan los Estados Unidos se centran inicialmente en la contención del combustible de esas fuentes en una amplia gama de situaciones hipotéticas de accidentes. Las posteriores propuestas de aplicación en las misiones se centran en evaluaciones detalladas del riesgo de la aplicación integrada de las fuentes de energía nuclear (es decir, la propia fuente, la nave espacial, el sistema de lanzamiento, el diseño de la misión y las reglas de vuelo) que permitan encontrar posibles modificaciones del diseño capaces de mejorar la seguridad nuclear de la misión sin impedir el logro de sus objetivos. Los requisitos cuantitativos del comportamiento de los sistemas de seguridad guían la etapa de diseño/desarrollo, pero no son tan importantes como un proceso riguroso de revisión de la seguridad nuclear del lanzamiento que fomente la evaluación y el análisis continuos de posibles mejoras de la seguridad a lo largo de todo el proceso de diseño, desarrollo y aprobación.

I. Introducción

1. Los Estados Unidos de América tienen tras de sí una larga trayectoria de utilización segura de fuentes de energía nuclear en el espacio ultraterrestre. Desde 1961, los Estados Unidos han realizado 29 lanzamientos con aplicaciones de sistemas de energía de radioisótopos en el espacio¹ y un lanzamiento con un reactor que había de ser utilizado en el espacio. Los sistemas de energía de radioisótopos se utilizaron inicialmente en aplicaciones de comunicaciones, meteorológicas y de navegación. No obstante, la gran mayoría de las aplicaciones de esos sistemas de energía durante los últimos 30 años han sido de naturaleza científica y se han realizado bajo los auspicios de la Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio (NASA) en colaboración con el Departamento de Energía de los Estados Unidos. Se utilizaron sistemas de energía de radioisótopos en todas las misiones NASA RPS, entre ellas cabe citar: las misiones Apolo a la Luna; la misión Pioneer 10 a Júpiter; las misiones Pioneer 11 a Júpiter, Saturno y más allá; las misiones Viking y Pathfinder a la superficie de Marte; la misión Voyager 1 a Júpiter; Saturno y más allá; la misión Voyager 2 a Júpiter, Saturno, Urano, Neptuno y más allá; la misión Galileo, que orbitó Júpiter durante ocho años; la misión Ulises que permaneció en una órbita heliocéntrica durante casi 20 años; la misión Cassini que continúa en órbita alrededor de Saturno; y la misión Nuevos Horizontes, en vuelo hacia Plutón².

2. En ese período de casi 50 años han ocurrido tres accidentes que afectaron a sistemas de energía de radioisótopos de los Estados Unidos, ninguno de los cuales fue causado por un fallo de ese sistema y en todos los cuales los mecanismos de seguridad funcionaron según lo previsto: el aborto de la misión del satélite de navegación TRANSIT 5BN-3 en 1964; el aborto del lanzamiento del satélite meteorológico NIMBUS-B-1 en 1968, que dio lugar a la caída del sistema de energía de radioisótopos en el Pacífico, de donde se recuperó su fuente de calor; y la misión lunar Apolo 13, que se dirigió con éxito hacia la fosa de Tonga, en el Océano Pacífico, después de abortar la misión.

II. Comparación del Marco de seguridad de las Naciones Unidas y el Organismo Internacional de Energía Atómica con las normas de seguridad nuclear de la NASA y el Departamento de Energía para las aplicaciones de sistemas de energía de radioisótopos en el espacio

3. A lo largo de varios decenios, la NASA, en colaboración con el Departamento de Energía, ha elaborado un marco de seguridad exhaustivo tanto para el diseño como para el desarrollo de los sistemas de energía de radioisótopos y sus aplicaciones en el espacio. En ese marco se contempla la integración de factores de seguridad en todos los aspectos y etapas de los procesos de diseño y desarrollo de

¹ Incluida la misión Mars Pathfinder, en la que se utilizaron calefactores de radioisótopos de bajo peso.

² Véase el gráfico 1 del documento A/AC.105/C.1/2011/CRP.6, que puede consultarse en <http://www.unoosa.org/oosa/COPUOS/stsc/wgnps/index.html>

los sistemas de energía de radioisótopos y en los procesos de diseño, desarrollo y ejecución de las aplicaciones de esos sistemas de energía.

4. El marco de seguridad de los Estados Unidos mantiene una estrecha semejanza con el Marco de seguridad relativo a las aplicaciones de fuentes de energía nuclear en el espacio ultraterrestre (A/AC.105/934) publicado conjuntamente en 2009 por la Subcomisión de Asuntos Científicos y Técnicos de la Comisión sobre la Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos y el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA). La legislación federal de los Estados Unidos está en consonancia con las tres principales categorías de orientaciones contenidas en el Marco de seguridad Naciones Unidas/OIEA: de carácter gubernamental, administrativo y técnico³. El desarrollo y la aplicación por los Estados Unidos de su propio marco de seguridad se han basado en el establecimiento de requisitos; en otras palabras, en el proceso de los Estados Unidos se requiere la adopción de medidas y procesos específicos que, de no seguirse, impedirían el lanzamiento de una aplicación de sistemas de energía de radioisótopos.

A. Las orientaciones gubernamentales en los Estados Unidos

5. En los Estados Unidos, las orientaciones gubernamentales se han traducido en leyes federales, órdenes presidenciales, requisitos para las agencias y planes entre distintas agencias. La Ley de política ambiental nacional y el proceso de aprobación presidencial de los lanzamientos por motivos de seguridad nuclear son los procedimientos establecidos por los Estados Unidos para justificar⁴ y autorizar⁵, respectivamente, las aplicaciones de los sistemas de energía de radioisótopos. En virtud de la Ley de política ambiental nacional, se exige a la NASA que elabore una declaración de impacto ambiental al principio de la etapa de diseño y desarrollo de cada misión. En la declaración de impacto ambiental se deben evaluar los posibles efectos ambientales del diseño básico de la misión y las alternativas razonables de ese diseño que permitan alcanzar los objetivos de la misión. En virtud del proceso de aprobación presidencial de los lanzamientos por motivos de seguridad nuclear se exige un análisis detallado de la seguridad de cada sistema concreto (es decir, fuente de energía, nave espacial, vehículo de lanzamiento y diseño de la misión) construido para el lanzamiento. La NASA ha traducido oficialmente otras políticas y requisitos en materia de seguridad⁶ en el Código de reglamentos federales de los Estados Unidos y en los Requisitos de procedimiento de la NASA para definir mejor las expectativas y procedimientos a que deben someterse los funcionarios, programas y proyectos gubernamentales a la hora de iniciar, realizar y participar en el desarrollo de sistemas de energía de radioisótopos y sus aplicaciones. Los

³ Véase el gráfico 2 del documento A/AC.105/C.1/2011/CRP.6, que puede consultarse en <http://www.unoosa.org/oosa/COPUOS/stsc/wgnps/index.html>.

⁴ La sección 3.2 del Marco de seguridad Naciones Unidas/OIEA se refiere a la “Justificación de las aplicaciones de fuentes de energía nuclear en el espacio”.

⁵ La sección 3.3 del Marco de seguridad Naciones Unidas/OIEA se refiere a la “Autorización del lanzamiento de la misión”.

⁶ La sección 3.1 del Marco de seguridad Naciones Unidas/OIEA se refiere a las “Políticas, prescripciones y procesos de seguridad”.

Estados Unidos han elaborado también un marco de respuesta nacional exhaustivo⁷ de preparación⁸ y respuesta en caso de desastre y emergencia en los que se contemplan expresamente los accidentes relacionados con las aplicaciones de las fuentes de energía nuclear en el espacio.

B. Las orientaciones administrativas en los Estados Unidos

6. En los Estados Unidos, las directrices administrativas han adoptado la forma de requisitos para las agencias y planes de desarrollo de los sistemas de energía de radioisótopos. La sede de la NASA es la principal responsable de la seguridad de una aplicación de los sistemas de energía de radioisótopos en el espacio⁹. La dirección de división de la sede de la NASA responsable de una misión designa a un Ejecutivo de Programa que se encarga de que la agencia la lleve a cabo con arreglo a los procedimientos aprobados. En el desempeño de esas competencias, el Ejecutivo de Programa encargado de una aplicación de los sistemas de energía de radioisótopos en una misión tiene la responsabilidad de velar por que se satisfagan los requisitos establecidos en la Ley de política ambiental nacional, el proceso de aprobación presidencial de los lanzamientos por motivos de seguridad nuclear y el marco de respuesta nacional. De conformidad con el Marco de seguridad Naciones Unidas/OIEA, el Ejecutivo de Programa ha de mantener contacto directo con cada una de las organizaciones que se ocupen del desarrollo y la ejecución de una misión que suponga la aplicación de sistemas de energía de radioisótopos. La sede de la NASA concierta acuerdos con cada uno de los participantes que tengan una responsabilidad importante en relación con la seguridad nuclear. La responsabilidad de la gestión de la seguridad nuclear se integra en la estructura general de administración de la misión y entraña la presentación de informes y exámenes periódicos por parte de todos los participantes pertinentes¹⁰. (Entre esos participantes figuran la sede de la NASA, el Departamento de Energía, los distintos centros de la NASA y sus respectivos contratistas de apoyo).

C. Las orientaciones técnicas en los Estados Unidos

7. En los Estados Unidos, las directrices técnicas, al igual que las administrativas, han tomado la forma de requisitos para las agencias y planes de desarrollo de los sistemas de energía de radioisótopos. Las orientaciones técnicas, como se describe más detalladamente en la sección siguiente, contienen requisitos que se han satisfecho mediante el desarrollo, el mantenimiento y la aplicación de los conocimientos técnicos de varias agencias en la definición, el ensayo y el análisis de los accidentes y anomalías ocurridos en lanzamientos y misiones dotados de

⁷ Marco de respuesta nacional: anexo radiológico nuclear, Departamento de Seguridad Interna de los Estados Unidos, junio de 2008, NUC-1, puede consultarse en http://www.fema.gov/pdf/emergency/nrf/nrf_nuclearradiologicalincidentannex.pdf

⁸ La sección 3.4 del Marco de seguridad Naciones Unidas/OIEA se refiere a la “Preparación y respuesta en casos de emergencia.”

⁹ La sección 4.1 del Marco de seguridad Naciones Unidas/OIEA se refiere a la “Responsabilidad de la seguridad”.

¹⁰ La sección 4.2 del Marco de seguridad Naciones Unidas/OIEA se refiere a la “Dirección y gestión al servicio de la seguridad”.

sistemas de energía de radioisótopos¹¹. Los requisitos de seguridad de la NASA y el Departamento de Energía para la aplicación de sistemas de energía de radioisótopos abarcan todas las fases de una misión y se aplican tanto en la etapa de desarrollo de uno de esos sistemas como en su aplicación prevista en la misión¹². La NASA y el Departamento de Energía, trabajando juntos en el marco de un acuerdo oficial concertado entre diferentes agencias, preparan evaluaciones exhaustivas del riesgo que sirven de apoyo al proceso de diseño y desarrollo y al proceso de autorización del lanzamiento¹³. Además, esas evaluaciones del riesgo sirven de apoyo a la elaboración conjunta por varios organismos de planes detallados para hacer frente a situaciones imprevistas desde el punto de vista radiológico mediante los que se pretende mitigar las posibles consecuencias de un accidente que pudiera afectar a una aplicación de los sistemas de energía de radioisótopos en el espacio¹⁴.

III. Requisitos en materia de seguridad nuclear para el diseño y desarrollo por los Estados Unidos de aplicaciones de sistemas de energía de radioisótopos para misiones en el espacio ultraterrestre

8. El Departamento de Energía y la NASA observan un marco exhaustivo de requisitos en materia de seguridad nuclear que rige todas las etapas de diseño, desarrollo y ejecución de una aplicación de sistemas de energía de radioisótopos para una misión. El cumplimiento de ese marco se logra mediante la aplicación de procedimientos de consulta tanto públicos como entre organismos del Gobierno que, como se ha expuesto anteriormente, se han traducido en requisitos, procedimientos y leyes de ámbito federal.

9. Los requisitos de procedimiento de la NASA¹⁵ consisten en cinco requisitos orientativos que influyen en la definición, el diseño, el desarrollo y la ejecución de una aplicación de sistemas de energía de radioisótopos:

a) “Los diseños básicos de los vehículos, las naves espaciales y los sistemas en que se utilicen materiales radiactivos deberán proporcionar al público, el medio ambiente y los usuarios una protección que haga que el riesgo derivado de la exposición a fuentes radioactivas sea lo más bajo que pueda razonablemente alcanzarse” (secc. 6.2.2.b);

¹¹ La sección 5.1 del Marco de seguridad Naciones Unidas/OIEA se refiere a la “Competencia técnica en materia de seguridad nuclear”.

¹² La sección 5.2 del Marco de seguridad Naciones Unidas/OIEA se refiere a la “Seguridad en el diseño y el desarrollo”.

¹³ La sección 5.3 del Marco de seguridad Naciones Unidas/OIEA se refiere a las “Evaluaciones de los riesgos”.

¹⁴ La sección 5.4 del Marco de seguridad Naciones Unidas/OIEA se refiere a la “Mitigación de las consecuencias de accidentes”.

¹⁵ NASA, “Nuclear safety for launching of radioactive materials” (Seguridad Nuclear para el lanzamiento de materiales radiactivos), Requisitos de procedimiento de la NASA, NPR 8715.3C, cap. 6, puede consultarse en http://nodis3.gsfc.nasa.gov/displayDir.cfm?Internal_ID=N_PR_8715_003C_&page_name=Chapter6.

b) Deberán incorporarse factores de seguridad nuclear desde las primeras etapas de diseño y en todas las fases del proyecto para lograr que el riesgo radiológico total de la misión sea aceptable (secc. 6.2.2.c);

c) Todo el equipo destinado a los vuelos espaciales, incluidos los artículos médicos y otros dispositivos experimentales que contengan o utilicen materiales radioactivos, deberán identificarse y analizarse desde el punto de vista del riesgo radiológico (secc. 6.2.2.d);

d) Deberán elaborarse planes para situaciones imprevistas de carácter radiológico y para las operaciones sobre el terreno que sean específicos para los diferentes emplazamientos y guarden proporción con el riesgo que represente el lanzamiento de materiales nucleares previsto (secc. 6.2.2.e);

e) La planificación para situaciones imprevistas desde el punto de vista radiológico deberá incluir disposiciones relativas a la respuesta de emergencia y el apoyo a las medidas encaminadas a la recuperación de las fuentes (secc. 6.2.2.f).

10. En el primer requisito se establece que el riesgo para la salud humana y la biosfera de la Tierra es la consideración fundamental en materia de seguridad nuclear a la hora de diseñar una misión y la nave espacial, el vehículo de lanzamiento y los elementos de apoyo necesarios para llevarla a cabo. Ese requisito coincide directamente con el “Objetivo de seguridad” del Marco de seguridad Naciones Unidas/OIEA¹⁶. Con el segundo requisito se vela por que los factores de seguridad nuclear abarquen todas las fases de una misión, desde las primeras etapas de diseño conceptual hasta la finalización. Con el tercer requisito se amplía el alcance de los dos primeros de manera que no se apliquen solo a los sistemas de energía de radioisótopos (incluidos los calefactores de radioisótopos), sino a cualquier elemento de la misión relacionado con el material radioactivo¹⁷. Los requisitos cuarto y quinto se ajustan a las exigencias que se imponen a la NASA en el marco de respuesta nacional.

11. Esos requisitos, satisfechos junto con los requisitos de procedimientos de la NASA para el cumplimiento de la Ley de política ambiental nacional y el proceso de aprobación presidencial para los lanzamientos por motivos de seguridad nuclear revisten gran importancia para la seguridad nuclear de una misión a lo largo de todo su proceso de diseño/desarrollo. Por ejemplo, como se indica en la sección anterior, en virtud de la Ley de política ambiental nacional se requiere que, antes de finalizar el diseño propuesto de una aplicación de sistemas de energía de radioisótopos, la NASA prepare una declaración de impacto ambiental en la que se evalúe de forma objetiva el posible impacto ambiental de una propuesta de aplicación de sistemas de energía de radioisótopos y de las alternativas razonables (por ejemplo un diseño de

¹⁶ “El objetivo de seguridad fundamental es proteger a las personas y el medio ambiente en la biosfera de la Tierra de los posibles peligros vinculados a las fases pertinentes de lanzamiento, explotación y puesta fuera de servicio de las aplicaciones de fuentes de energía nuclear en el espacio”. (“Objetivo de seguridad”, sección 2).

¹⁷ De hecho, la NASA, ha establecido cinco niveles de observancia de la seguridad nuclear en función de la cantidad de material radioactivo utilizado en una misión. Para todas las misiones con sistemas de energía de radioisótopos realizadas hasta ahora, incluidas las equipadas con calefactores de radioisótopos, se ha exigido el nivel más estricto de seguridad nuclear de los contemplados en el procedimiento de aprobación del lanzamiento por la Oficina Ejecutiva del Presidente por motivos de seguridad nuclear.

nave espacial con energía solar) para el logro de sus objetivos y se recaben observaciones del público al respecto. Además, como la declaración de impacto ambiental exigida en virtud de esa Ley se centra en las consecuencias de posibles accidentes durante el lanzamiento o la ejecución de la misión, una evaluación temprana de la propuesta de aplicación de los sistemas de energía de radioisótopos desde el punto de vista de la seguridad nuclear requiere necesariamente que la NASA determine las hipótesis específicas de accidente (es decir, la secuencia de acontecimientos accidentales o anómalos que podrían ocurrir durante el lanzamiento o la ejecución de la misión) incluidas las probabilidades de que ocurran y el posible impacto en el medio ambiente (como efectos retardados en la salud en forma de cáncer, contaminación del terreno, riesgo para la población). Gracias al enfoque riguroso (es decir, cuantitativo) de esas evaluaciones, con ellas se facilita la detección de posibles cambios en la nave espacial, el vehículo de lanzamiento, el diseño de la misión o las reglas de vuelo que pudieran mejorar la seguridad nuclear y reducir el riesgo de accidente.

12. De forma similar, el requisito que se contempla en el proceso de aprobación presidencial de los lanzamientos por motivos de seguridad nuclear de que se realice un análisis detallado de la seguridad del sistema concreto (es decir, la fuente de energía, la nave espacial, el vehículo de lanzamiento y el diseño de misión) construido para el lanzamiento permite generar un modelo más elaborado de la aplicación de los sistemas de energía de radioisótopos. Ese modelo es un instrumento que facilita un mejor conocimiento de los elementos de la aplicación que influyen en su riesgo nuclear y proporciona información que inspira el desarrollo de planes para situaciones imprevistas desde el punto de vista radiológico para emplazamientos específicos. Además, como en el proceso de aprobación presidencial de los lanzamientos por motivos de seguridad nuclear participan todas las agencias del Gobierno federal con competencias sustantivas en la seguridad de diferentes aspectos de la misión (es decir, la NASA en cuanto a la seguridad de la nave espacial y la misión; el Departamento de Energía en cuanto a la seguridad de los sistemas de energía de radioisótopos; el Departamento de Defensa en cuanto a la seguridad del lugar y la zona de lanzamiento; y la Agencia de Protección del Medio Ambiente en cuanto a la seguridad relacionada con la limpieza en caso de accidente), la elaboración y evaluación del análisis de seguridad facilita un entorno para la coordinación de las distintas agencias con miras a la resolución de cualquier problema relacionado con la seguridad nuclear que pudiera detectarse durante la etapa de desarrollo de la aplicación.

IV. Observancia de la seguridad nuclear en las aplicaciones de sistemas de energía de radioisótopos en el espacio ultraterrestre

13. Para satisfacer los requisitos de procedimiento que se han expuesto más arriba, la NASA y el Departamento de Energía observan los aspectos de “seguridad nuclear” en cada una de las etapas del desarrollo y con cada uno de los elementos de una aplicación de sistemas de energía de radioisótopos. Como el diseño y el desarrollo de un nuevo sistema de energía de radioisótopos suele llevar más de cinco años, ese desarrollo precede al de sus posibles aplicaciones. Como resultado, el Departamento de Energía desarrolla los aspectos de sus diseños de sistemas de

energía de radioisótopos relacionados con la seguridad nuclear sobre la base de una amplia gama de posibles requisitos de rendimiento y diseños para la aplicación en misiones, cuestiones ambas que pueden dar lugar a conflictos en las vías de diseño o a problemas para alcanzar algunos objetivos de rendimiento desde el punto de vista de la seguridad. En la medida en que ningún objetivo de rendimiento de seguridad puede optimizarse plenamente para una aplicación específica de los sistemas de energía de radioisótopos, en la aplicación para una misión deben contemplarse posibles alternativas de diseño para alcanzar un nivel de seguridad aceptable. En otras palabras, ni los aspectos de seguridad nuclear del diseño de sistemas de energía de radioisótopos ni sus aplicaciones pueden por sí mismos conseguir que el riesgo de radiación de una aplicación sea “lo más bajo que pueda razonablemente alcanzarse”. Sólo mediante un enfoque continuo e integrado a nivel de sistema se podrá conseguir normalmente que una aplicación de sistemas de energía de radioisótopos alcance un nivel de seguridad aceptable.

14. En los programas de desarrollo de sistemas de energía de radioisótopos del Departamento de Energía se establecen objetivos de seguridad, requisitos y especificaciones de rendimiento a nivel de los componentes y de los sistemas. Debido a la naturaleza intermitente de las aplicaciones de esos sistemas de energía por la NASA (una o dos misiones por decenio), el Departamento de Energía busca, evalúa, desarrolla y pone en práctica continuamente mejoras en la seguridad de sus sistemas de energía de radioisótopos de una forma relativamente independiente de los planes de la NASA para la realización de misiones concretas. En el caso de grandes desarrollos de nuevos sistemas de energía de radioisótopos, el Departamento de Energía y la NASA colaboran en el establecimiento de requisitos de seguridad nuclear que abarcan todos los aspectos de esos sistemas. El Departamento de Energía convierte además esos requisitos en objetivos de rendimiento concretos a nivel de sistema que se verifican mediante ensayos o análisis. Desde las primeras etapas de diseño, y a lo largo de toda la fase de desarrollo, los avances en el cumplimiento de esos requisitos y el logro de esos objetivos de rendimiento se evalúan periódicamente y se exponen en exámenes del diseño/desarrollo en los que participan el Departamento de Energía, la NASA y las organizaciones de apoyo pertinentes.

15. El desarrollo de la fuente de calor de uso general, el elemento básico de los sistemas de energía de radioisótopos más recientes del Departamento de Energía, puede servir como ejemplo del enfoque continuo e integrado a nivel de sistema que ese Departamento aplica en el ámbito de la seguridad nuclear. Los módulos de fuente de calor de uso general¹⁸ se diseñan para garantizar la contención de su combustible de dióxido de plutonio en una amplia gama de condiciones normales y de condiciones de accidente, como la explosión en la plataforma de lanzamiento, el incendio de combustible sólido y líquido, el impacto de metralla, el impacto contra el suelo y el reingreso en la atmósfera. Aunque la fuente de calor de uso general se ha venido utilizando desde hace casi 30 años, el Departamento de Energía ha mejorado en varias ocasiones sus características de seguridad basándose en los resultados de ensayos y análisis de la seguridad tanto de carácter general como de misiones específicas. La información de interés para la seguridad nuclear del diseño

¹⁸ Véase el gráfico 3 del documento A/AC.105/C.1/2011/CRP.6, que puede consultarse en <http://www.unoosa.org/oosa/COPUOS/stsc/wgnps/index.html>.

de la fuente de calor de uso general proviene de los ensayos de seguridad de los sistemas de energía de radioisótopos que realiza el Departamento de Energía¹⁹ y de los ensayos de definición de entornos de accidente que lleva a cabo la NASA²⁰. Esos ensayos no solo sirven de apoyo a la definición y evaluación de las especificaciones de rendimiento y los requisitos de seguridad, sino que proporcionan también datos que sirven para mejorar los modelos de seguridad nuclear que pueden aplicarse a lo largo del proceso de diseño/desarrollo de futuros sistemas de energía de radioisótopos y sus aplicaciones.

16. La observancia de la seguridad nuclear por parte de la NASA abarca todas las fases y todos los elementos de una aplicación de sistemas de energía de radioisótopos. Además del proceso de diseño/desarrollo de la seguridad nuclear de un sistema de energía de radioisótopos que se ha expuesto anteriormente, en el diseño de una aplicación de esos sistemas se presentan normalmente muchas oportunidades para “proporcionar al público, el medio ambiente y los usuarios una protección que haga que el riesgo derivado de la exposición a fuentes radioactivas sea lo más bajo que pueda razonablemente alcanzarse”²¹. Como se ha expuesto anteriormente, el inicio y la realización de evaluaciones del riesgo en materia de seguridad nuclear a lo largo de la etapa de diseño/desarrollo permite detectar y evaluar los aspectos de seguridad nuclear de posibles alternativas en el sistema de lanzamiento, la nave espacial y el diseño de la misión. En algunos diseños de naves espaciales, por ejemplo, la ubicación de los sistemas de energía de radioisótopos en un lugar distinto puede ayudar a evitar o limitar la posible liberación de material radiactivo del sistema de energía de radioisótopos asociada con determinados accidentes durante el lanzamiento que dan lugar a un impacto del sistema intacto. En la etapa de lanzamiento se dan varias oportunidades para evitar o limitar posibles liberaciones accidentales de material radiactivo. Como ejemplos específicos en relación con la zona de lanzamiento pueden citarse: la mejora de la visibilidad y la telemetría en el caso de los sistemas de destrucción comandados, el acortamiento de los tiempos de respuesta de los sistemas de destrucción durante el lanzamiento comandados y la adición de sistemas redundantes y automatizados para la destrucción del vehículo durante el lanzamiento. Todos esos ejemplos ayudan a limitar las posibles fuerzas de aplastamiento y los riesgos de incendio asociados con el impacto de todo el sistema de vuelo intacto (es decir, el vehículo de lanzamiento y su carga útil con la aplicación del sistema de energía de radioisótopos). Como ejemplos específicos en relación con los emplazamientos situados más allá del lugar de lanzamiento pueden citarse: el aumento de la probabilidad de controlar la nave espacial en caso de anomalías en órbita o después de la inyección y el despliegue de medios de control sobre el terreno para aumentar la probabilidad de controlar la nave espacial en caso de anomalías en órbita. En el caso de esos dos ejemplos se mejora la probabilidad de que una misión pueda mitigar las anomalías en órbita que

¹⁹ Véase el gráfico 4 del documento A/AC.105/C.1/2011/CRP.6, que puede consultarse en <http://www.unoosa.org/oosa/COPUOS/stsc/wgnps/index.html>.

²⁰ Véase el gráfico 5 del documento A/AC.105/C.1/2011/CRP.6, que puede consultarse en <http://www.unoosa.org/oosa/COPUOS/stsc/wgnps/index.html>.

²¹ NASA, “Nuclear safety for launching of radioactive materials” (Seguridad Nuclear para el lanzamiento de materiales radiactivos), Requisitos de procedimiento de la NASA, NPR 8715.3C, cap. 6, secc. 6.2.2, puede consultarse en http://nodis3.gsfc.nasa.gov/displayDir.cfm?Internal_ID=N_PR_8715_003C_&page_name=Chapter6.

puedan dar lugar a un reingreso incontrolado en la atmósfera y el impacto contra el suelo de una aplicación de sistemas de energía de radioisótopos. Como ejemplos de interés para las misiones científicas que utilizan para impulsarse trayectorias cercanas a la Tierra (es decir, asistidas por la gravedad) cabe citar: la reducción al mínimo de las operaciones durante maniobras críticas y el desvío de las trayectorias de impulso alrededor de la Tierra lejos de nuestro planeta. En el primer caso se ayuda a limitar la probabilidad de una anomalía que pueda dar lugar al riesgo de impacto contra la Tierra, mientras que en el segundo se limita la probabilidad de que cualquier anomalía pueda desembocar en un impacto contra la Tierra.

V. Experiencia en materia de seguridad nuclear adquirida con las misiones de la NASA que han utilizado sistemas de energía de radioisótopos en el espacio ultraterrestre

17. A lo largo de los últimos 50 años, los Estados Unidos han venido mejorando continuamente los diseños de sus sistemas de energía de radioisótopos desde el punto de vista de la seguridad nuclear y los procesos de diseño y desarrollo basándose en la realización de 29 misiones con aplicaciones de esos sistemas de energía en el espacio, tres fallos de aplicaciones de esos sistemas, la realización de centenares de entornos de accidente y ensayos de seguridad de esos sistemas, la puesta en práctica de tecnología y métodos de modelización nuevos y mejorados para la evaluación del riesgo y el aprovechamiento de los avances de carácter general conseguidos en el desarrollo de la tecnología aeroespacial y la ingeniería nuclear y en las aplicaciones de los sistemas. Tras el desarrollo/ejecución de cada aplicación de los sistemas de energía de radioisótopos, la NASA recopila las “experiencias adquiridas” a fin de documentar para posibles aplicaciones futuras de sistemas de energía de radioisótopos los “errores” y los “aciertos” de interés para la realización eficaz de los procesos de examen de la seguridad nuclear de los lanzamientos. Entre las principales experiencias adquiridas de interés para el diseño y el desarrollo de aplicaciones de fuentes de energía nuclear más seguras figuran las siguientes:

a) Concebir situaciones hipotéticas de accidentes en colaboración con los fabricantes/proveedores de sistemas de energía de radioisótopos, naves espaciales y vehículos de lanzamiento. Es un medio que ayuda a entender la contribución de cada uno de los componentes de una aplicación de los sistemas de energía de radioisótopos a las posibles situaciones de accidente que puedan suponer una amenaza para la contención del combustible de esos sistemas de energía y proporciona una base objetiva para evaluar posibles mejoras de la seguridad nuclear;

b) Realizar análisis, exámenes y evaluaciones rigurosos de la seguridad nuclear de los lanzamientos de forma coordinada con las agencias que participan en el proceso de autorización de los lanzamientos. Eso proporciona una base común de datos e información que facilita el proceso de autorización de los lanzamientos por motivos de seguridad nuclear;

c) Reconocer que la configuración de cada nave espacial o vehículo de lanzamiento es única. La reducción del riesgo que puede alcanzarse no es siempre

predecible. Todas las configuraciones y las posibles mejoras de la seguridad requieren un análisis riguroso;

d) Apoyar una “cultura de la seguridad” mediante la creación de incentivos para evaluar y considerar continuamente la introducción de mejoras de la seguridad. Como se ha mencionado anteriormente, la NASA y el Departamento de Energía han facilitado esa labor incluyendo factores de “seguridad nuclear” en todos los exámenes importantes de cualquier aplicación de sistemas de energía de radioisótopos propuesta o prevista y estableciendo un equipo de análisis del riesgo de la seguridad nuclear e integrándolo en todo del proceso de diseño y desarrollo de una aplicación de esos sistemas. (Invariablemente, la realización de análisis del riesgo detallados fomenta la comprensión de las situaciones hipotéticas de accidente a un nivel en el que pueden definirse y evaluarse las alternativas para la mitigación del riesgo). Además, la evaluación independiente de los análisis de la seguridad de las aplicaciones de los sistemas de energía de radioisótopos realizados por la NASA y el Departamento de Energía, junto con el hecho de que la Oficina del Presidente tenga competencias en la autorización de los lanzamientos por motivos de seguridad nuclear, supone un incentivo importante y permanente para reducir el riesgo nuclear. Si el proceso tuviera que depender simplemente de la elaboración de un análisis que indicase el logro de un nivel de seguridad “aceptable” previamente establecido, los incentivos para mantener los esfuerzos por mejorar la seguridad quedarían limitados una vez que la organización encargada de realizar la aplicación de los sistemas de energía de radioisótopos considerase que había alcanzado ese nivel “aceptable”. Además, teniendo en cuenta el importante grado de incertidumbre y variabilidad en la estimación del riesgo de accidente y el carácter habitualmente singular de las aplicaciones científicas de los sistemas de energía de radioisótopos en el espacio, no sería práctico depender estrictamente de unos niveles de seguridad “aceptable” previamente definidos. Mediante la revisión continua de la seguridad nuclear de una aplicación prevista de sistemas de energía de radioisótopos a lo largo de la etapa de diseño y desarrollo, el requisito del examen independiente de las evaluaciones de la seguridad nuclear y el hecho de que la autorización definitiva de un lanzamiento por motivos de seguridad nuclear corresponda a la más alta instancia del Gobierno se consigue que haya incentivos importantes para realizar continuos esfuerzos para reducir el riesgo desde el punto de vista de la seguridad nuclear en todas las etapas de una aplicación de sistemas de energía de radioisótopos.

VI. Conclusiones

18. En consonancia con todo el ámbito de las orientaciones del Marco de seguridad Naciones Unidas/OIEA, los Estados Unidos han integrado de hecho la seguridad en el diseño, el desarrollo y el funcionamiento de las aplicaciones de los sistemas de energía de radioisótopos haciendo obligatorios unos procesos de examen y aprobación de la seguridad nuclear que abarcan todas las etapas, componentes y participantes de una aplicación propuesta o prevista de esos sistemas de energía y prestando apoyo a esos procesos con unas evaluaciones rigurosas del riesgo y con las “experiencias adquiridas” de aplicaciones anteriores de esos sistemas.