

**Asamblea General**

Distr. general  
24 de noviembre de 2008  
Español  
Original: inglés

---

**Comisión sobre la Utilización del Espacio  
Ultraterrestre con Fines Pacíficos****Investigaciones nacionales sobre la cuestión de los desechos  
espaciales, seguridad de los objetos espaciales con fuentes de  
energía nuclear a bordo y problemas relativos a su colisión  
con desechos espaciales****Nota de la Secretaría****Índice**

	<i>Página</i>
I. Introducción . . . . .	2
II. Respuestas recibidas de los Estados Miembros . . . . .	2
Alemania . . . . .	2
Japón . . . . .	11



## **I. Introducción**

1. En su resolución 63/90 de 5 de diciembre de 2008, la Asamblea General consideró indispensable que los Estados Miembros prestasen más atención al problema de las colisiones de objetos espaciales, incluidos los que utilizan fuentes de energía nuclear, con desechos espaciales, así como a otros aspectos de la cuestión de esos desechos y pidió que continuasen las investigaciones nacionales sobre la cuestión, se mejorase la tecnología para la vigilancia de los desechos espaciales y se recopilase y difundiese información sobre el tema; consideró también que, en la medida de lo posible, se debería proporcionar información al respecto a la Subcomisión de Asuntos Científicos y Técnicos de la Comisión sobre la Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos, y convino en que se precisaba la cooperación internacional para divulgar estrategias apropiadas y asequibles a fin de reducir al mínimo los efectos de los desechos espaciales en futuras misiones al espacio.
2. En su 45º período de sesiones, la Subcomisión convino en que las investigaciones sobre los desechos espaciales continuaran y en que los Estados Miembros pusieran a disposición de todas las partes interesadas los resultados de esas investigaciones, incluida la información sobre las prácticas que habían resultado eficaces para reducir al mínimo la generación de desechos espaciales (A/AC.105/911, párr. 91). En una nota verbal, de 5 de agosto de 2008, el Secretario General invitó a los gobiernos a que hicieran llegar su información sobre el asunto no más tarde del 31 de octubre de 2008 de manera que esa información pudiera presentarse a la Subcomisión de Asuntos Científicos y Técnicos en su 46º período de sesiones.
3. El presente documento ha sido preparado por la Secretaría sobre la base de la información recibida de Alemania y el Japón.

## **II. Respuestas recibidas de los Estados Miembros**

### **Alemania**

[Original: inglés]

1. En Alemania, las actividades de investigación sobre desechos espaciales abarcan en general varios aspectos, entre ellos la tecnología de observación de los desechos espaciales, la modelización del entorno de esos desechos, la física del impacto para comprender mejor los fenómenos nacidos del impacto a hipervelocidad y las tecnologías para proteger los sistemas espaciales contra esos desechos y limitar la generación de desechos en el futuro.
2. La financiación al respecto proviene directamente del presupuesto nacional de Alemania para cuestiones espaciales o de la Agencia Espacial Europea (ESA). Las actividades que Alemania realiza en virtud de contratos concertados con la ESA aparecen en el informe correspondiente de la Agencia.
3. A continuación puede verse información sobre las actividades de investigación financiadas a nivel nacional que se iniciaron y realizaron en Alemania en 2008.

### **Ensayos de reentrada en la atmósfera en túnel aerodinámico y comparaciones entre ORSAT y SCARAB**

4. Hyperschall Technologie Göttingen (HTG) de Alemania y la Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio (NASA) de los Estados Unidos de América han seguido cooperando entre sí en el marco de un proyecto destinado a comparar dos programas de simulación de la reentrada en la atmósfera: el modelo SCARAB de desintegración aerotérmica de las naves espaciales al reentrar en la atmósfera, de HTG, y la herramienta de análisis de la NASA para determinar la resistencia de los objetos al reentrar en la atmósfera (ORSAT). Esa cooperación se inició en 1998. Los estudios realizados han confirmado que ambas herramientas dan resultados casi idénticos respecto a la reentrada en la atmósfera de objetos de forma sencilla (de esfera, caja o cilindro). Sin embargo, los análisis con un satélite complejo han arrojado diferencias importantes entre los riesgos predichos en tierra, por uno y otro método.

5. El objetivo del proyecto es conocer mejor el comportamiento de los materiales al regresar las naves espaciales a la atmósfera, lo que permitirá hacer predicciones más exactas de los procesos de fragmentación.

6. El proyecto se ha centrado en las siguientes actividades, que se señalaron como fuentes actuales de incertidumbre más importantes:

a) Adoptar modelos más realistas y mejorar el análisis de la desintegración aerotérmica de los elementos en plástico reforzado con fibra de carbono (plástico PRFC) al entrar de nuevo en la atmósfera. Se han realizado ensayos en el túnel aerodinámico de calentamiento por arco del Centro Aeroespacial Alemán (DLR) en Colonia para investigar la desintegración de los materiales en condiciones similares a las de su entrada en la atmósfera;

b) Mejorar las condiciones aerotermodinámicas de los elementos estructurales con deformidades aerodinámicas (objetos huecos o en forma de caja en desplazamiento frente a direcciones de flujo arbitrarias). Se han hecho ensayos en el túnel aerodinámico hipersónico del DLR en Göttingen (Alemania), para investigar el comportamiento aerotérmico en las condiciones de la entrada de retorno en la atmósfera;

c) Comparar los procesos de fragmentación de un satélite de ensayo genérico simplificado en el marco de ORSAT y SCARAB, lo que ha permitido volver a comparar dichos métodos.

#### *Ensayos de desintegración de materiales en túnel aerodinámico*

7. La necesidad de realizar pruebas de ensayo con los materiales que se utilizan se debe a que los análisis anteriores de entrada en la atmósfera fueron efectuados por SCARAB, en momentos en que se desconocían el mecanismo de la desintegración aerotérmica y los datos relativos a los materiales refractarios, incluidas ciertas aleaciones como el invar y los compuestos de cobre, la vitrocerámica y el plástico PRFC a granel. Por ello, el túnel aerodinámico de calentamiento por arco en Colonia se utilizó para ensayar la desintegración de materiales en las condiciones que se dan a su entrada en la atmósfera.

8. Esos ensayos mostraron que el plástico PRFC se consume muy lentamente gracias a una reacción química con el oxígeno atómico del flujo aéreo, pero que se desintegra a una temperatura de superficie muy alta (más de 2.000 Kelvin), lo cual permite un enfriamiento radiactivo eficaz. En consecuencia, el plástico PRFC actúa como una protección bastante resistente de los componentes de naves espaciales contra el desgaste térmico de su superficie. Los resultados se utilizaron en SCARAB, pero sólo a título preliminar, en función del patrón de desintegración mecánica de materiales aplicable a los metales, pero sin tenerse en cuenta los mecanismos de destrucción química, por ejemplo, la oxidación.

9. En la industria espacial se emplean cada vez más las estructuras alveolares plástico de PRFC en misiones con satélite. Cabe citar, como ejemplo, el satélite científico de la misión de estudio de la circulación oceánica en régimen estable y el campo gravitatorio (GOCE) de la ESA y el satélite de radar utilizado en la misión TerraSAR-X de Alemania, pero se emplean también en importantes componentes de las fases superiores del Ariane 5. A fin de predecir mejor el grado de desintegración de esos elementos estructurales al efectuarse la entrada en la atmósfera, se habrán de efectuar más ensayos de materiales. Solamente a la luz de los resultados de esos ensayos cabrá introducir nuevos mecanismos de desintegración en el método SCARAB que permitan reducir la incertidumbre que dificulta la predicción de los riesgos en tierra que entraña la entrada en la atmósfera.

10. Se han realizado ensayos de desintegración de materiales en el túnel aerodinámico de calentamiento por arco en Colonia. Se sometieron a prueba 14 muestras de materiales y una sonda de medición del flujo térmico en las condiciones de entrada en la atmósfera. Las comparaciones con SCARAB demostraron que las condiciones utilizadas en el túnel aerodinámico eran similares a las condiciones reales a una altitud de 53,6 kilómetros y una velocidad de 3,6 kilómetros por segundo. El flujo energético generado en muro frío fue de unos 1,4 megavatios por metro cuadrado.

11. Siete de las muestras eran paneles alveolares de aluminio superpuestos, con capa externa de plástico PRFC, representativos del adaptador de carga útil SYLDA del Ariane 5, que fueron suministrados por la ESA.

12. Otras tres muestras provenían del satélite explorador del proyecto GOCE. Una muestra consistió nuevamente en un panel alveolar de aluminio, tipo sándwich, con capa externa de plástico PRFC utilizado en el panel solar del satélite GOCE. Las otras dos muestras eran materiales especiales carbono-carbono utilizados en el gradiómetro de la misión GOCE, suministrado por Alenia Spazio de Italia.

13. Las cuatro muestras de materiales restantes fueron una estructura básica de aluminio con capa externa de láminas de fibra de vidrio y resina epoxi, una aleación sencilla de titanio y la misma aleación cubierta de plástico PRFC que se estimó representativa de los tanques de alta presión, de titanio recubierto de plástico PRFC, que se utilizan en las fases superiores del Ariane 5, y un modelo fabricado en cobre, una de cuyas mitades estaba recubierto por una aleación de níquel y cromo para realizar investigaciones de la catálisis de superficie.

14. El proceso desintegrador de todos los modelos alveolares de aluminio con capa externa de plástico PRFC o de fibra de vidrio fue similar. El proceso se iniciaba al producirse algún fallo en el primer revestimiento externo. Se observó una amplia gama de fallos. El material carbono-carbono resultó ser muy resistente. El modelo

sin revestimiento de titanio no se destruyó; después del ensayo, el modelo estaba solamente recubierto por una capa oxidada porosa. Sin embargo, esa misma aleación de titanio se desintegraba si estaba revestida de plástico PRFC. La capa de níquel y cromo del modelo de cobre no mostró ningún daño.

15. Para comparar los resultados de la medición con las simulaciones numéricas, se utilizó el método SCARAB en una modalidad nueva de túnel aerodinámico experimental. Las simulaciones, según el método SCARAB, tenían por objetivo reproducir las condiciones en túnel aerodinámico, en especial su flujo térmico, imperantes durante los ensayos en el túnel aerodinámico de calentamiento por arco en Colonia.

16. Esos ensayos comparativos permitieron deducir las siguientes conclusiones generales:

a) Los resultados obtenidos por el método SCARAB y las mediciones realizadas en el túnel aerodinámico de calentamiento por arco en Colonia concuerdan bien en su pronóstico general de la desintegración (es decir, sin desintegración alguna en el caso del titanio, tasa de desgaste por ablación similar observable en los revestimientos de plástico PRFC, y secuencia de desintegración similar de las estructuras laminadas de aluminio alveolar recubierto por plástico PRFC y muestran algunas semejanzas con respecto a la evolución térmica;

b) Se observaron grandes divergencias en los detalles dados de la evolución térmica imputable a deficiencias del método de análisis SCARAB. Por ejemplo, no se registraron procesos de desintegración química (como el desgaste por oxidación y ablación de la superficie) y la superficie radiactiva, indicada para los modelos laminados, era incorrecta;

c) Se debería cuantificar la pérdida térmica debida a las condiciones de conductividad térmica del soporte del modelo.

#### *Ensayos en túnel aerodinámico de las condiciones aerotérmicas*

17. Los satélites y la mayor parte de las piezas de las naves espaciales no gozan en general de formas aerodinámicas. Al efectuarse la entrada en la atmósfera, cualquier actitud de vuelo es, en principio, posible. En la mayoría de los casos, los componentes de los satélites tienen formas ahuecadas de cilindros (tubos), cajas, recipientes con diversas secciones transversales y paredes delgadas.

18. Los datos experimentales disponibles, sobre esos objetos de forma no aerodinámica, son demasiado escasos para verificar los métodos de análisis numérico, por lo cual son aún necesarios ensayos experimentales efectuados desde todos los ángulos de incidencia.

19. Dado que la mayor parte de esos objetos no son puntiagudos, los coeficientes de la fuerza aerodinámica pueden calcularse con suficiente exactitud sobre la base de una variante modificada de la teoría de Newton. Sin embargo, el cálculo de la distribución del flujo térmico y del flujo térmico integral correspondiente a la totalidad del objeto sigue siendo problemático. Además, los objetos huecos, pese a estar volteando y abiertos, pueden dar lugar a flujos internos a cierta altitud que son muy difíciles de analizar numéricamente. Sin embargo, esos objetos son de uso muy frecuente como componentes de las naves espaciales.

20. Los ensayos de transferencia térmica realizados en 22 objetos de diversa forma reportaron un valioso conjunto de datos sobre la relación entre la tasa de calentamiento integral de los objetos según su forma y el ángulo de incidencia.
21. Los objetos se distribuyeron para los ensayos en dos grupos: grupo A y grupo R. Los objetos del grupo A se utilizaron para ensayar los ángulos de incidencia entre  $-90^\circ$  y  $+90^\circ$ , y los objetos del grupo R se utilizaron para ensayar los modelos en rotación. En ambos grupos había objetos sólidos y huecos.
22. Se compararon los resultados de los ensayos sobre objetos sólidos y sobre objetos huecos, que también permiten flujos aéreos y calentamiento internos. En comparación con los objetos sólidos de dimensión frontal similar, los objetos cuyo lado hueco apuntaba en dirección frontal experimentaban flujos térmicos internos elevados que *elevan* intensamente su tasa de calentamiento. Al aumentar el ángulo de incidencia, disminuían el flujo aéreo y el calentamiento internos, mientras que el calentamiento externo aumentaba al quedar expuesta una superficie mayor al flujo aéreo externo. La compensación de esos dos efectos contrarios modulaba la tasa de calentamiento en función del ángulo de incidencia.
23. Ciertos resultados relativos al flujo térmico en los objetos sólidos fueron comparados a los obtenidos con el método SCARAB. La dependencia de la tasa de calentamiento del ángulo de incidencia normalizado es bastante bien predecible por el método SCARAB. Está previsto hacer una comparación más detallada con los métodos de análisis SCARAB en el marco del procedimiento de verificación de la nueva versión 3.1L de SCARAB, que se prepara actualmente.

#### *Comparaciones entre ORSAT y SCARAB*

24. A fin de coordinar mejor los sistemas de programación informática de ORSAT y SCARAB y de adaptarlos a las condiciones reales de la entrada de la nave espacial en la atmósfera, se utilizó un satélite genérico simplificado para obtener resultados experimentales que fueran comparables a los obtenidos por simulación y pronóstico numéricos de los procesos de fragmentación. En el pasado, esas comparaciones resultaron muy difíciles, por lo menos respecto de satélites complejos.
25. Los equipos de la NASA y HTG desarrollaron conjuntamente dicho satélite experimental. Pesaba unos 400 kilogramos y no tenía que ser necesariamente un modelo realista, dado que su principal objetivo era ayudar a identificar los diversos procesos de desintegración que se producen durante la entrada en la atmósfera, que dan resultados diferentes en tierra.
26. La principal diferencia entre ORSAT y SCARAB estriba en su enfoque de la fragmentación. En ORSAT, se dio por supuesta una altitud de ruptura de 78 kilómetros. Todos los objetos de modelados fueron sometidos al flujo aéreo a esa altura, y, luego, se los analizó por separado. En SCARAB, se analizó la conectividad (contacto) entre los objetos modelados a fin de identificar los fragmentos que se separaban por haberse fusionado con otras piezas de la nave espacial. Los fragmentos sueltos se analizaron por separado. El enfoque adoptado con el método ORSAT lleva a pensar en una única fragmentación instantánea, a una altitud de 78 kilómetros, mientras que el enfoque de SCARAB lleva a pensar en un proceso de fragmentación más continuo que culmina a una altitud de entre 60 a 80 kilómetros.

27. Concuerdan bien entre sí los resultados de los análisis de ORSAT Y SCARAB concernientes a la trayectoria del satélite de ensayo. Las huellas del impacto en tierra tenían formas similares con una desviación a lo largo de la dirección establecida de tan sólo unos 70 kilómetros.

28. Hubo también bastante concordancia en las predicciones de la supervivencia de fragmentos. Sorprendentemente, sin embargo, el método ORSAT predijo una supervivencia de fragmentos ligeramente superior, así como una zona de impacto más amplia, que la que se predijo por el método SCARAB.

29. Una comparación detallada de los fragmentos supervivientes hizo ver que las principales diferencias en cuanto a los riesgos en tierra se debían a las diferencias en la fragmentación de la caja de la batería. Con el método ORSAT, en que la fragmentación se produce a una altitud de 78 kilómetros, todos los componentes internos se desprenden en fragmentos separados y resisten a las condiciones de su entrada en la atmósfera. Ello da lugar a un mayor número de impactores. Con el método SCARAB, los componentes internos de la batería permanecen unidos entre sí y sobreviven como un solo fragmento. El número mayor de fragmentos que hacen impacto en tierra, según el método ORSAT, eleva mucho los riesgos en tierra. En general, las proyecciones de ambos métodos eran plausibles y ninguna parecía más probable que la otra.

30. No es posible aún determinar si los resultados proyectados por ORSAT o los proyectados por SCARAB reflejan mejor el proceso real de fragmentación de las naves espaciales a su entrada en la atmósfera. Se necesitan investigaciones adicionales que permitan validar o verificar mejor los resultados de los programas de simulación empleados mediante la observación de ejemplos de entrada real en la atmósfera.

### **Mejoras en los ensayos de impacto a hipervelocidad**

*Desarrollo de un acelerador para simular, en un laboratorio, el impacto de las partículas milimétricas de desechos espaciales a una velocidad de 10 kilómetros por segundo*

31. El objetivo del proyecto es evaluar y mejorar el rendimiento de las instalaciones de ensayo en el Instituto Ernst Mach (EMI), en Alemania, para simular el impacto a hipervelocidad de los desechos espaciales de dimensión milimétrica en las estructuras y los componentes de las naves espaciales a una velocidad de unos 10 kilómetros por segundo. A fin de simular el impacto a hipervelocidad, el EMI utiliza la técnica de cañón de gas ligero, que permite disparar múltiples partículas sin cambiar sus propiedades físicas. Otro objetivo del proyecto es reducir los gastos de la realización de esos ensayos, disminuyendo las cargas del cañón.

32. Al comienzo del proyecto, se evaluaron las limitaciones del rendimiento de los cañones utilizando teorías analíticas y se identificó mediante simulaciones numéricas el posible mejoramiento que se podía lograr en el rendimiento al introducir cambios geométricos. Se determinó que, para aumentar el rendimiento, se necesitaba más presión de gas ligero. De los ensayos de las modificaciones geométricas introducidas en un cañón de gas ligero con un calibre de 4 milímetros y de dos etapas (el llamado “mini-cañón de gas ligero”) se desprendió que era posible mejorar el ciclo de aceleración. Lo más importante es que, al rediseñar la sección de alta presión, se obtuvo una sección más larga en forma cóncava.

33. Durante los seis primeros meses del período sobre el que se informa, se concluyeron los preparativos del tubo de lanzamiento. Se había iniciado la adquisición de los materiales necesarios. Se estaba produciendo una nueva sección de alta presión. Se había modificado el sellado entre la sección de alta presión y el tubo de lanzamiento. La prueba de funcionamiento se hizo por simulación numérica.

*El doble cañón: un nuevo concepto de acelerador*

34. A comienzos de 2008, se inició con el EMI un nuevo proyecto para elaborar un nuevo concepto relativo al acelerador para la simulación experimental del impacto a hipervelocidad de los desechos espaciales. En ese proyecto, se ensayó la viabilidad de un nuevo concepto de acelerador, conocido como el “concepto del doble cañón” (“twin-gun concept”). Su objetivo es lograr que las partículas milimétricas se desplacen más rápidamente que con el actual cañón de gas ligero, pero de manera reproducible y con menor desgaste. El concepto está basado en la técnica del cañón de gas ligero, pero con el objetivo de aumentar la velocidad de las partículas valiéndose de dos pistones en dos tubos guiados paralelos, conectados a una misma cámara de explosivo y conducentes a un mismo tubo de lanzamiento.

35. Combinando de manera apropiada los parámetros operativos, se amplía la onda de impulso o de la presión en la entrada del tubo de lanzamiento más de lo que sucede en un cañón convencional de gas ligero. Debido a esa “configuración de la presión” y debido a una sección de aceleración más eficaz, un proyectil puede alcanzar velocidades más altas. Asimismo, se evita superar los límites críticos de la presión.

36. Se realizan investigaciones sobre el rendimiento y diseño del concepto de doble cañón.

*La posición de Alemania con respecto a la relación entre, por un lado, las medidas para reducir los desechos espaciales y, por otro, la economía y la sostenibilidad*

37. El análisis de la posición de Alemania con respecto a la relación entre, por un lado, las medidas para reducir los desechos espaciales y, por otro, la economía y la sostenibilidad tiene por objetivo apoyar la posición nacional sobre esas medidas en el contexto de los debates científicos y técnicos que afectan a la economía y la sostenibilidad. Asimismo, tiene por objetivo apoyar la posición de la delegación de Alemania en la ESA y en comités internacionales como el Comité Interinstitucional de Coordinación en materia de Desechos Espaciales y la Subcomisión de Asuntos Científicos y Técnicos de la Comisión sobre la Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos.

38. El análisis que se presenta a continuación, aunque se basa en análisis de los costos y beneficios ya realizados en el marco del proyecto titulado “Servicio de extremo a extremo sobre desechos espaciales”, es más detallado. Se profundiza este análisis mediante el examen de la experiencia adquirida con las medidas de reducción de los desechos espaciales ya incluidas en el diseño y funcionamiento de las naves espaciales, así como mediante la evaluación de las propuestas para retirar desechos del espacio.

39. En la literatura pertinente se proporciona información detallada sobre las nociones básicas de los modelos de gastos y la aplicabilidad de los modelos del entorno formado por los desechos espaciales a la determinación del riesgo de perder

naves espaciales. Se han estudiado los modelos de gastos disponibles, a la luz de lo cual se ha decidido utilizar un modelo modificado para estimar el costo imputable a los daños causados por impactos a hipervelocidad en todas las misiones con satélites realizadas en el pasado.

40. Sobre la base de los datos sobre el flujo de partículas suministrados por la versión correspondiente a 2005 del programa informático del Modelo de Referencia Terrestre de Meteoroides y Desechos Espaciales (“MASTER-2005”), es posible cuantificar la influencia del entorno formado por los desechos espaciales y la evolución temporal del riesgo de pérdida de satélites, combinando una estimación del costo de los satélites con un análisis de los riesgos. El propósito del análisis sistemático de la influencia de los impactos a hipervelocidad sobre las misiones con satélites realizadas en el pasado es estimar la evolución temporal de la amenaza que plantean los desechos espaciales para las misiones espaciales y los gastos concomitantes de los riesgos para quienes explotan los satélites. En conjunto, se han examinado los resultados de los análisis realizados en 3.893 satélites. La duración de la vida útil de todos los satélites se fijó en siete años. Se tuvieron en cuenta las órbitas respectivas y las diferentes dimensiones de los satélites. Se supuso que otros parámetros, como el diseño y las dimensiones de la pared de los satélites y el número y tipo de las cargas útiles, eran idénticos para todos los satélites. Se estimaron los gastos para cada satélite de acuerdo con la respectiva masa al “comienzo de la vida útil”. Utilizando el programa informático MASTER-2005, se generó para cada satélite una amplia base de datos sobre el entorno formado por el flujo de partículas. Recurriendo a ecuaciones de daños en la estructura de las paredes, se trató de determinar qué tipo de partículas podrían penetrar la pared del satélite al hacer impacto. Respecto de cada satélite, se calcularon sus probabilidades de fracaso. Por último, se calcularon los gastos imputables al riesgo en función del costo de cada satélite y de sus probabilidades de fracaso.

41. Esos gastos indican la pérdida probable del inversionista por el fracaso prematuro de un satélite como resultado de los daños causados por el impacto de partículas. La pérdida por amortización indica los gastos que puede ocasionar el impacto de las partículas en un satélite. Sumando esos gastos, se podrá determinar el total de las pérdidas económicas debidas a los daños en un momento dado. La simulación es muy compleja, porque se han de analizar los riesgos para unos 4.000 satélites, lo que incluye determinar la distribución por subsistemas, calcular las probabilidades de fracaso y estimar los gastos. El total de los gastos por daños varía entre unos 200 a 700 millones de dólares de los Estados Unidos, según cuál sea el modelo de vulnerabilidad que se seleccione. Ello corresponde al valor de la pérdida de dos a cinco satélites. Dado que se tuvo que simplificar mucho la definición de la vulnerabilidad de los satélites, esas cifras son únicamente una estimación del orden de magnitud. De este estudio se desprende que es posible analizar los riesgos y gastos de la interacción de los desechos espaciales con gran número de satélites.

42. Como parte del proyecto, se estudiaron textos en los que se proponían diversos métodos para retirar los desechos del espacio. En lo esencial, esos métodos se basaban en el cambio o la eliminación de órbita de los objetos con tecnologías basadas en el láser, los cables de amarre o la robótica. Está disponible una lista de las propuestas conocidas, pero no se las ha evaluado en su integridad.

**Aplicación de las directrices nacionales para la reducción de los desechos espaciales a las misiones espaciales alemanas***Programa de vigilancia y análisis medioambientales\**

43. El programa de vigilancia y análisis medioambientales (EnMAP) es una misión espacial alemana dotada de un satélite hiperspectral de más de 200 canales activo en el amplio intervalo de 420 a 2.450 nanómetros y con resolución terrestre de 30 metros. Será ejecutada por un pequeño satélite que incorporará la tecnología bus más moderna y se enviará a una órbita situada a unos 650 kilómetros de la superficie terrestre. Las principales tareas de la misión EnMAP se relacionan con la determinación mundial de los parámetros de los ecosistemas, así como de las variables biofísicas, bioquímicas y geoquímicas. EnMAP permitirá también realizar análisis de desastres naturales y de la contaminación del suelo y del agua. Los datos se utilizarán para preparar futuros servicios comerciales y operativos.

44. Actualmente se evalúa la posibilidad de aplicar las directrices nacionales para la reducción de los desechos espaciales, adaptadas en el Código Europeo de Conducta para la Reducción de los Desechos Espaciales, a las necesidades del proyecto EnMAP. La labor al respecto incluye analizar las medidas al final de la vida útil (en particular, el análisis del proceso de pasivación y de la realización de las maniobras de eliminación) y las medidas de seguridad al producirse la entrada en la atmósfera (en especial, determinar la posibilidad de que desechos procedentes de la nave espacial impacten sobre la superficie terrestre, investigar los riesgos de pérdidas humanas y materiales y evaluar los riesgos de contaminación nociva del medio ambiente terrestre) (A/AC.105/918, párrs. 4 a 7).

*Technologie Erprobungs Träger (Portadores de tecnología experimentales)*

45. El objetivo del programa Technologie Erprobungs Träger (TET) es hallar nuevas tecnologías susceptibles de aplicación a proyectos espaciales. Se centra en la realización de demostraciones y ensayos en vuelo de los componentes y subsistemas de naves espaciales para su uso en la generación de energía, conducción, navegación y control, entre otras cosas.

46. El DLR brinda oportunidades de ensayo en vuelo de nuevas tecnologías en vuelo en diversas plataformas y satélites. El programa se basa en el uso del TET, artefacto de fabricación alemana que pesa aproximadamente 120 kilogramos y cuya capacidad de carga útil es de unos 50 kilogramos.

47. Se lanzará un satélite TET que se situará en una órbita terrestre baja. Está previsto que la misión dure un año. El DLR se encarga de las operaciones de la misión del satélite TET y transfiere los datos a los usuarios, además de ensamblar, integrar y ensayar el sistema, el DLR explotará el satélite y proporcionará todos los datos recogidos a los usuarios interesados.

48. Se investigará en el marco de TET la posibilidad de aplicar las directrices nacionales para la reducción de los desechos espaciales, adaptadas del Código Europeo de Conducta para la Reducción de los Desechos Espaciales, a las

---

\* El documento original presentado por Alemania, en inglés figura en el sitio web de la Oficina de Asuntos del Espacio Ultraterrestre de la Secretaría (<http://www.unoosa.org/oosa/natact/sdnps/2008/index.html>).

necesidades del proyecto. Se prestará especial atención a las medidas de prevención (por ejemplo, los objetos relacionados con la misión, la fragmentación), las medidas al final de la vida útil (por ejemplo, pasivación, salida de órbita y eliminación) y la seguridad al producirse la entrada en la atmósfera (A/AC.105/918, párrs. 8 a 11).

## **Japón**

[Original: inglés]

1. Las actividades relacionadas con el estudio de los desechos espaciales, llevadas a cabo principalmente por el Organismo de Exploración Aeroespacial del Japón (JAXA) y la Universidad de Kyushu, se han centrado en los temas indicados a continuación.

### **Observación de los desechos espaciales desde tierra**

2. Se utilizan habitualmente telescopios ópticos para observar los objetos en órbita geosíncrona y determinar sus características orbitales. Están en curso investigaciones para desarrollar programas informáticos capaces de detectar automáticamente pequeños objetos en órbita geosíncrona. Los objetos en órbita terrestre baja (LEO) se observan por medio de telescopios con radar. Se realizan investigaciones para observar mejor los objetos situados en órbita LEO utilizando telescopios ópticos de rastreo de alta velocidad. Además, se han observado las curvas de luz de ciertas naves espaciales y se han analizado las características de su movimiento de volteo (véase la información suministrada por el Japón en A/AC.105/918, párr. 2).

### **Herramientas de análisis y modelización**

3. Actualmente se está mejorando tanto el modelo evolutivo del entorno de desechos en órbita terrestre baja creado por la Universidad de Kyushu y el JAXA, como las herramientas de apoyo a las normas de reducción de desechos (DEMIST). Está en fase de diseño y proyección una nueva herramienta para el análisis de los riesgos de impacto con desechos. Hasta la fecha sólo cabía analizar las probabilidades de impacto con desechos espaciales, pero, gracias a las ecuaciones de límite balístico, se están evaluando también los riesgos de daños.

### **Modelos evolutivos de los desechos orbitales**

4. La Universidad de Kyushu, actuando en nombre del JAXA, se propone contribuir a los “beneficios de una eliminación activa de los desechos en órbita terrestre baja” y el Grupo de Trabajo 2 del Comité Interinstitucional de Coordinación en materia de Desechos Espaciales estudia este “tema para la adopción de medidas”. En el marco de este tema, el Grupo se propone llegar a un consenso sobre la estabilidad o inestabilidad de la actual población de desechos orbitales en la órbita terrestre baja. Se realizará un estudio paramétrico de los efectos de la eliminación activa de estos desechos y se compararán los resultados obtenidos con diferentes herramientas. La NASA de los Estados Unidos no sólo encabezará el estudio, en el que participarán la Agencia Espacial Italiana (ASI), el Centro Nacional Británico del Espacio, la Organización de Investigación Espacial de la India y el Organismo de Exploración Aeroespacial del Japón, sino que también presentará los primeros resultados al respecto al Comité Interinstitucional de

Coordinación en materia de Desechos Espaciales en su próximo período de sesiones, que se habrá de celebrar en abril de 2009.

5. La comunidad espacial mundial ha recomendado que las naves espaciales en órbita geosincrónica se coloquen a mayor altura en órbitas de deriva, de modo que no interfieran con las naves espaciales que se estén utilizando. En los últimos ocho años, más del 80% de las naves espaciales abandonadas en órbita geosincrónica fueron puestas en una órbita nueva por encima de la altura nominal de la órbita geosincrónica. Sin embargo, algunas de esas naves espaciales no pudieron alcanzar la altura recomendada por el Comité Interinstitucional de Coordinación en materia de Desechos Espaciales.

6. La Universidad de Kyushu ha predicho el tamaño de la población de desechos orbitales en la órbita geosincrónica en los próximos 100 años, proyectando al futuro las prácticas de eliminación actuales. De esas proyecciones se ha desprendido que, para preservar la órbita geosincrónica, se deben hacer esfuerzos en pro de lo siguiente: asegurar la eliminación de toda nave espacial cuya misión se clausure, de conformidad con las recomendaciones de la comunidad espacial internacional, y adoptar procedimientos de seguridad aplicables a todos los cuerpos de cohete y naves espaciales que hayan concluido su misión. Las proyecciones han ayudado también a identificar las cuestiones técnicas que se habrán de resolver para colocar las naves espaciales abandonadas (al final de su vida útil) en órbitas de deriva a mayor altura: la dificultad de evaluar el consumo de combustible (combustible residual) y la falta de fiabilidad de los sistemas de control de las naves espaciales al final de su vida útil (desperfectos).

7. La Universidad de Kyushu y el Organismo de Exploración Aeroespacial del Japón se proponen desarrollar un modelo completo, desde la órbita terrestre baja a la órbita geosincrónica, que deje constancia de todos los objetos situados en una órbita terrestre. Sobre la base de ese plan, la Universidad ha empezado a actualizar su modelo de órbita geosincrónica mediante el empleo de técnicas de modelización más realistas que las utilizadas para el modelo de órbita terrestre baja.

#### **Ensayos de impacto a hipervelocidad**

8. Se realizaron ensayos del impacto a hipervelocidad de las placas de aluminio y de plástico reforzado con fibra de carbono (PRFC), utilizando un cañón de gas de dos tiempos elaborado por las Universidades de Tohoku en el Japón y Padua en Italia. Durante los ensayos, se observó el proceso de fractura del objetivo con una cámara de alta velocidad. Se observaron diferencias en la magnitud de los daños y las nubes de desechos causadas por las aleaciones de aluminio y por el plástico PRFC a base de epoxi. El Organismo de Exploración Aeroespacial del Japón introdujo un cañón de gas de dos tiempos para facilitar la adquisición de datos adicionales.

9. El dispositivo de impacto con carga conformada se utilizó también para los ensayos del impacto a hipervelocidad con proyectiles que pesaban más de 1 gramo y se desplazaban a una velocidad de más de 10 kilómetros por segundo. Se estableció un sistema de selección para que los resultados reflejaran sólo la colisión causada por el chorro principal.

### **Ensayos de impacto en microsatélites**

10. La Universidad de Kyushu y la Oficina de Programas sobre Desechos Orbitales de la NASA han colaborado en una serie de ensayos de impacto en microsatélites. Se utilizaron como blanco dos microsatélites aislados por múltiples capas y equipados con un panel solar. Los microsatélites medían 20 cm x 20 cm x 20 cm y su masa era de unos 1.500 gramos. Se efectuaron las pruebas de impacto para investigar el comportamiento de las piezas del panel solar y de las piezas recubiertas por varias capas aislantes. El resultado de los ensayos se comparó luego con el modelo estándar de la desintegración utilizado por la NASA. La velocidad de impacto fue de aproximadamente 1,7 kilómetros por segundo y, en ambos ensayos, la relación entre la energía cinética del impacto y la masa del satélite fue de unos 40 J/g. Los fenómenos inducidos por los impactos fueron captados por una cámara ultrarrápida de la Japan Broadcasting Corporation. Esos resultados se utilizarán para mejorar la comprensión del comportamiento de los objetos con una relación superficie a masa elevada y para mejorar los modelos de desintegración con miras a mejorar, a su vez, la modelización del entorno formado por los desechos orbitales.

11. Es importante conocer mejor las formas de los fragmentos para evaluar mejor la relación superficie a masa de cada fragmento. Sin embargo, ello también es importante para realizar una evaluación fiable de las probabilidades de que los fragmentos no penetren en naves espaciales como la Estación Espacial Internacional. Todos los fragmentos recogidos en anteriores pruebas de impacto (A/AC.105/918) fueron analizados en función de sus tres dimensiones ortogonales: x, y, z, donde x es la dimensión más larga, y es la dimensión más larga en el plano perpendicular a x, mientras que z es la dimensión más larga en el plano perpendicular tanto a x como a y. Se pueden observar dos grupos en la distribución de fragmentos x/y versus y/z: los fragmentos con valores x/y más elevados representados por una aguja y los fragmentos con valores x/y más reducidos representados por una lámina o placa. Los fragmentos con valores x/y reducidos pueden tener una amplia gama de valores y/z y adoptar forma de caja (cuando tienen valores y/z reducidos), la forma de aguja (cuando tienen valores y/z elevados) y forma de lámina o placa (cuando tienen valores y/z intermedios).

### **Cable de amarre electrodinámico para acelerar el descenso de órbita de las naves espaciales que dejan de utilizarse**

12. No es suficiente reducir la cantidad de desechos generados para preservar el entorno orbital, porque ya se han observado en determinadas regiones orbitales colisiones en cadena entre los desechos ya existentes. La mejor manera de salvaguardar ese entorno sería eliminar por completo los objetos grandes de las regiones orbitales densamente pobladas. Una solución técnica para conseguir que esas misiones de eliminación resulten económicas sería utilizar el sistema del cable de amarre electrodinámico para frenar los objetos espaciales inutilizados y reducir su vida en órbita. El Organismo de Exploración Aeroespacial del Japón ha realizado actividades de investigación y desarrollo relacionadas con los sistemas de cable de amarre electrodinámico. La labor actual va dirigida al desarrollo de un pequeño sistema basado en el cable electrodinámico para su demostración en órbita con empleo de un pequeño satélite.

**Tasa de éxito de las misiones con cable de amarre electrodinámico para eliminar los desechos activos**

13. El Comité Interinstitucional de Coordinación en materia de Desechos Espaciales ha identificado como uno de sus temas para la adopción de medidas los “posibles beneficios y riesgos de la utilización de cables de amarre electrodinámicos para retirar de la órbita terrestre baja las naves espaciales al final de su vida útil”. Pese a ser delgado, el cable es lo bastante largo para que su superficie expuesta lo haga vulnerable a las partículas más pequeñas. Esa vulnerabilidad podría ser el punto más débil de un sistema de cables utilizados contra los desechos orbitales. A fin de superar esa debilidad, se ha sugerido un sistema prometedor en el que se entrelazan dos cables a intervalos regulares para formar bucles sucesivos. A fin de contribuir al tema, la Universidad de Kyushu desarrolló un modelo matemático destinado a evaluar las probabilidades de supervivencia de ese sistema de doblecable.

14. La Universidad de Kyushu prolongó luego el modelo matemático que había desarrollado, una vez concluidas las labores respecto del tema. El modelo así obtenido puede brindar la máxima tasa de éxito que es posible lograr en una misión con un sistema de doble cable, independientemente del número de lazos. La Universidad de Kyushu utiliza el nuevo modelo para evaluar la tasa de éxito de una misión con un sistema de cables electrodinámicos propuesto por el Organismo de Exploración Aeroespacial del Japón. Se proporcionará información adicional sobre el tema en la publicación periódica *Advances in Space Research*.