



BOLETÍN INFORMATIVO Y DE ANÁLISIS N° 11 – 2024

Santiago, 15 de mayo de 2024

JAPÓN ALUNIZA CON ÉXITO SU MÓDULO SLIM

Por Álvaro Aguirre. 10 Min. de lectura

Desde hace años la Agencia de Exploración Aeroespacial de Japón (JAXA) tenía previsto enviar una sonda a la superficie lunar, y con el Módulo de Aterrizaje Inteligente para Investigar la Luna (SLIM: Smart Lander for Investigating Moon) (Artículo 01/2024 CEEA), se cumplió con este objetivo, a pesar que la misión se había ido retrasando principalmente por problemas presupuestarios.

El lanzamiento de la misión SLIM al espacio, se efectuó el día 7 de septiembre de 2023 (horario de Japón), transformándose en la tercera misión lunar de un país en los últimos dos meses, después de que India lanzara su misión Chandrayaan-3 (boletines N°11 india lanza nueva misión y N°15 India aluniza CEEA de 2023) y de Rusia con Luna-25 (boletín N°14 luna 25 CEEA de 2023).



Cohete H-IIA Fuente JAXA.

El método de lanzamiento, fue a través de un cohete H-IIA (H-2^a), donde se enviaron al espacio simultáneamente SLIM y el satélite científico "X-Ray Imaging and Spectroscopy Mission (XRISM)". El módulo SLIM utiliza su propio sistema de propulsión para realizar ajustes de trayectoria hacia la Luna. Por lo tanto, adopta un diseño de trayectoria que minimiza el consumo de propelente, como resultado, tardó casi cinco meses en llegar a la Luna y posarse sobre su superficie, lo que se produjo el día 20 de enero de 2024 (horario de Japón), con lo cual Japón se convirtió en el quinto país en llegar a la superficie de la Luna, que ha sido un objetivo de varios países en términos de exploración espacial.

Objetivos de SLIM. A diferencia de otras misiones espaciales centradas en el satélite natural de la tierra, ésta tiene como objetivo primordial la eficiencia en el

alunizaje. Para ello, se planificó que pueda descender sobre la Luna y posarse en un radio de unos 100 metros de distancia como máximo respecto al punto planificado. "El gran objetivo de la cápsula espacial SLIM es demostrar el aterrizaje de alta precisión" dijo Hiroshi Yamakawa, Presidente de JAXA.

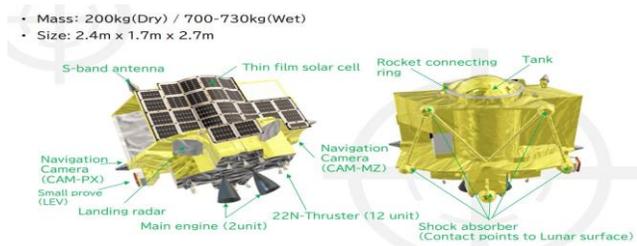
SLIM es un módulo de aterrizaje de exploración a pequeña escala, diseñado para realizar aterrizajes en la superficie de la Luna, reducir el tamaño y el peso del equipo utilizado en los alunizajes e investigar los orígenes de la Luna. Además, probará tecnología fundamental para la exploración en entornos de baja gravedad, un requisito importante para la futura investigación científica del sistema solar.

Las futuras exploraciones de la ciencia solar, exigirán el nivel de precisión de navegación que JAXA está buscando a través de la misión SLIM. A medida que el conocimiento científico se basa en el objeto de estudio, se necesitará una investigación más específica, lo que conlleva a poder posar la nave espacial con precisión en el lugar indicado.

La exploración de la ciencia planetaria también requerirá equipos altamente capaces para la observación. La reducción del tamaño del sistema de exploración puede reforzar los instrumentos que se colocarán en un lugar especialmente adecuado para su misión de aterrizaje.

Los objetivos de SLIM son los siguientes:

- Demostrar técnicas precisas de aterrizaje lunar incorporadas en un pequeño explorador.
 - Precisión de aterrizaje objetivo de 100 m en comparación con varios kilómetros a decenas de kilómetros de módulos de aterrizaje lunares convencionales.
 - La tecnología clave incluye "Navegación basada en la visión" y "Navegación, guía y control"
- Acelerar el estudio de la Luna y otros planetas utilizando un sistema de exploración más ligero.
 - Sistema de propulsión química pequeño, ligero y de alto rendimiento.
 - Reducción de peso de los elementos centrales en la mayoría de las naves energía.



Configuración de SLIM. Fuente: JAXA

Alunizaje.

Como un lugar adecuado para las observaciones de las cámaras espectroscópicas y para demostrar las tecnologías de aterrizaje, se seleccionó un sitio vecino al cráter SHIOLI cercano del "Mar de Néctar", contiguo al ecuador lunar (y, por lo tanto, muy accesible en términos energéticos).

Los objetivos de aterrizaje que pueden proporcionar nuevos conocimientos a través de observaciones de cámaras espectroscópicas se limitan a una región muy específica de la superficie lunar.

Debido a que el lugar de aterrizaje se encuentra cerca de un cráter, el área circundante está inclinada en aproximadamente 15 grados. Por lo tanto, el método de aterrizaje seguro en tal pendiente se vuelve importante, especialmente para el caso de una nave espacial del tamaño de SLIM, el "método de aterrizaje de dos pasos", en el que el tren de aterrizaje principal primero toca el suelo y luego gira hacia adelante para estabilizarse, ha demostrado excelentes resultados de aterrizaje confiables a través de la simulación

Según el diseño de SLIM, la nave empleó un sistema de aterrizaje horizontal, en vez de efectuar un aterrizaje vertical tradicional, lo que requiere mucha precisión y un tren de aterrizaje especial que, una vez contactado con el suelo, permite que la sonda caiga hasta quedar en posición horizontal sobre la

superficie lunar. De esta forma permite aterrizar en las pendientes de los cráteres y los instrumentos serán capaces de analizar el regolito mucho más fácilmente.

SLIM, se situó primero en una órbita lunar con un periastro de 15 kilómetros de altura y subió ligeramente en su órbita antes de descender sobre la zona de aterrizaje. La fase de descenso comenzó a los 7 kilómetros de altura. Para sus maniobras, SLIM empleó dos motores principales y doce propulsores secundarios.

SLIM logró un aterrizaje preciso midiendo y corrigiendo su propia posición mediante la "navegación basada en la visión". Para lograr este tipo de navegación, el tiempo de procesamiento es un factor crucial. Las CPU (Unidad Central de Procesamiento) actuales de grado espacial tienen solo alrededor de 1/100 de la capacidad en comparación con las utilizadas en tierra, por lo tanto, se han desarrollado algoritmos de procesamiento de imágenes diseñados específicamente para FPGA¹ de grado espacial, lo que permite que la navegación basada en la visión² se realice en unos pocos segundos.

Todos los datos técnicos sobre la guía de navegación que controla el alunizaje, y los datos de imagen de la cámara de navegación capturados durante el descenso y en la superficie lunar, se obtuvieron de la SLIM. Además, las pequeñas sondas (LEV-1 y LEV-2) se separaron con éxito justo antes de aterrizar en esta situación de contingencia. La cámara espectroscópica multibanda (MBC) a bordo de SLIM también operó a modo de prueba y capturó imágenes hasta que se agotó la alimentación eléctrica.

De acuerdo a lo informado por JAXA, la falta de energía se debió a que la nave espacial no quedó

¹ **FPGA** (*Field Programmable Gate Array*) es un complejo circuito integrado digital programable compuesto por bloques lógicos configurables (CLB) y puertos de entrada/salida (IOB), cuya interconexión y funcionalidad puede ser programada mediante un lenguaje de descripción especializado.

² El sistema de navegación basado en la visión procesa las imágenes capturadas para identificar las "posiciones de los cráteres". (Identificación del creador). Y a partir de un amplio mapa que abarca la ubicación de la nave espacial, el sistema identifica ubicaciones que coinciden con los patrones de cráter compuestos por múltiples posiciones de cráter. (Coincidencia de cráteres).

posada en la actitud planificada, por lo que los paneles solares no pudieron captar la energía solar y generar la energía suficiente, por tal motivo SLIM fue apagado con un comando desde tierra.

Con respecto a las circunstancias de cómo SLIM alunizó en una actitud que no podía generar energía de las células solares, los datos técnicos adquiridos revelaron que, a una altitud de 50 m justo antes del inicio de la maniobra para evitar obstáculos, lo más probable es que se perdiera el empuje de uno de los dos motores principales. En estas circunstancias, el software de a bordo SLIM identificó de forma autónoma la anomalía y, mientras controlaba la posición horizontal tanto como sea posible, SLIM continuó el descenso con el otro motor y se desplazó gradualmente hacia el este. La velocidad de descenso en el momento del contacto con el suelo era de aproximadamente 1,4 m/s o menos, lo que estaba por debajo del rango de diseño, pero condiciones como la velocidad lateral y la actitud estaban fuera del rango de diseño, y se cree que esto dio lugar a una actitud diferente a la planeada.

la superficie de la Luna aproximadamente a 55 metros al este del lugar de aterrizaje original.



SLIM en una imagen tomada por el rover LEV-2 en la Luna (JAXA/Reuters) via REUTERS

Conclusión.

Desde que se llegó a alunizar en nuestro satélite natural en el año 1969, las principales potencias mundiales han estado llevando diferentes tipos de programas para estudiar su superficie y últimamente están llevando a cabo una serie de misiones de investigación con miras a establecer una posible base de operaciones sobre su superficie.

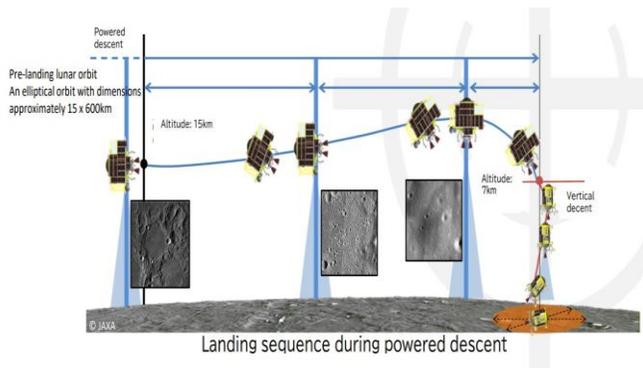
Hay que precisar, que no es la primera vez que Japón realiza intentos para alunizar con tecnología propia, y con el logro de SLIM, que es un demostrador de tecnología, y con la experiencia adquirida en alunizaje de precisión, más el uso de otras tecnologías, permitirá que sea empleada para futuras misiones espaciales, como es la Exploración de la Luna Marciana (MMX) y las misiones polares lunares.

Mientras continúa la evaluación más detallada, es razonable mencionar que se ha logrado la demostración de la tecnología de aterrizaje preciso con una exactitud de 100 m, objetivo que ha sido declarado como la misión principal de SLIM.

A Estados Unidos, China, Rusia y la India, hay que sumarle ahora Japón como uno de los países que ha logrado desarrollar un programa y la tecnología necesaria para llevar una nave hasta la Luna.

AAW, información de fuentes abiertas, internet, además de notas del autor.

Japan launches SLIM moon lander New Scientist
JAXA | Smart Lander for Investigating Moon (SLIM)
<https://danielmarin.naukas.com>



Secuencia de alunizaje. Fuente: JAXA.

El análisis de los datos ha demostrado que las células solares de SLIM están actualmente orientadas hacia el oeste, lo que sugiere que existe la posibilidad de generación de energía y, por lo tanto, la recuperación de la nave será a medida que la condición de iluminación de la luz solar mejora con el tiempo.

Antes de que se agotara la energía, y de acuerdo a la data revisada, se confirmó que SLIM había alcanzado