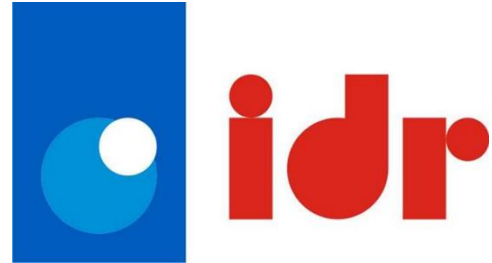


UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID



S P A C E
V I O S

**DESARROLLO DE UN VEHÍCULO ESPACIAL
PARA REALIZAR MISIONES DE SERVICIO EN
ÓRBITA.**

*Higinio Rubio Arnaldo
Alba Benito de Valle Egado
Adrián Peña Capalvo
María González Alonso
Daniel Navajas Ortega
Alfonso Mateo Aguarón*

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA AERONÁUTICA Y DEL ESPACIO

RESUMEN

Desde la puesta en órbita del primer satélite en la década de los años 50, el diseño de los sistemas espaciales se ha basado en completar su vida útil sin considerar cualquier intervención en ninguna etapa de esta. Debido al aumento sin precedentes del número de satélites en órbita asociado al auge del *NewSpace*, la necesidad de hacer del espacio un medio sostenible es cada vez más apremiante.

Por ello, a fin de tomar medidas activas para solucionar este problema, se propone desarrollar un vehículo espacial que lleve a cabo dos medidas de contingencia. En primer lugar, que permita dar soporte a constelaciones ya existentes, aumentando la vida en servicio de las mismas y reduciendo el número de futuros lanzamientos. Además, se podrá reducir la basura espacial mediante la deorbitación o traslado a órbitas cementerio de satélites ya en órbita.

ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN.....	4
2.	PROPUESTA	5
3.	OTRAS SOLUCIONES/ALTERNATIVAS.....	6
4.	DIFERENCIACIÓN.....	7
5.	MODELO DE NEGOCIO	8
6.	TRABAJO REALIZADO.....	8
7.	SIGUIENTES PASOS	9
8.	PREVISIÓN DE FINANCIACIÓN	9
9.	INTEGRANTES.....	10
10.	REFERENCIAS.....	12

1. INTRODUCCIÓN

Debido al incremento exponencial de lanzamientos al espacio durante los últimos años, se ha producido un aumento de objetos en órbita (tanto en operación como fuera de servicio) y que suponen un riesgo para la integridad de otros satélites.

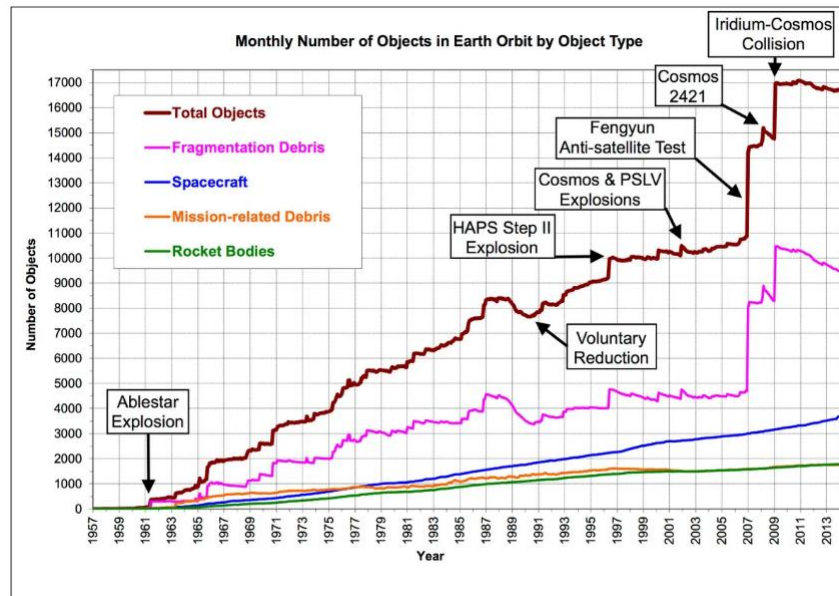


Figura 1-1. Objetos en órbita terrestre, incluidos restos de fragmentación. Noviembre de 2020 NASA: ODPO

Para hacer frente a esta problemática diversas agencias espaciales de todo el mundo recomiendan en sus programas, contar con un plan de desguace (*disposal plan*). Todas ellas coinciden en que los satélites una vez acabada su vida en servicio han de trasladarse a órbitas cementerio en el caso de los geoestacionarios, para liberar espacio en ese tipo de órbita de gran demanda reduciendo consigo el riesgo para otros satélites, o bien ser deorbitados de manera controlada a tierra en caso de satélites en órbitas más bajas tipo MEO (Medium Earth Orbit, órbita media) o LEO (Low Earth Orbit, órbita baja), siempre antes de un límite de tiempo desde el final de su misión.

En el caso de Europa, el tiempo para desechar un satélite está actualmente fijado 25 años por la *UIT* (Unión Internacional de Telecomunicaciones), siendo esta medida adoptada por las organizaciones gubernamentales (como el documento técnico “NASA-HDBK-4002B” redactado por la NASA [1]). Sin embargo, actualmente, organismos como la *US Federal Communication Commission* (FCC) pretenden reducir este tiempo a 5 años [2][3].

Estos planes de desguace suponen un coste extra para las empresas promotoras de productos o servicios espaciales. De manera general, en órbitas LEO la deorbitación se produce debido a la resistencia aerodinámica residual en

estas órbitas bajas, aunque su duración es variable y depende del tipo de misión, llegando a situarse generalmente más allá del tiempo límite requerido por los organismos gubernamentales. De esta forma, para cumplir con estos plazos de desguace, muchos pequeños satélites se verán obligados a llevar un sistema propulsivo para este fin únicamente.

En el caso de los satélites en órbita GEO, han de reservar cierta cantidad de combustible para llegar hasta las órbitas cementerio al final de su vida útil, lo que supone una reducción de su vida en servicio, pues es combustible que pierden para realizar las maniobras requeridas durante su vida en servicio como el mantenimiento en órbita (conocido como *Station Keeping*).

2. PROPUESTA

Se plantea la oferta de servicios espaciales a través de la implantación de una constelación de satélites preparados para realizar operaciones de diagnóstico y actuación sobre satélites que lo requieran. Esto se realizaría con sistemas de propulsión y control autónomos y disponibles en el mercado actual.

Los clientes potenciales identificados en la adquisición de los servicios ofertados por Space VIOS se muestran a continuación:

- **Empresas operadoras de satélites de comunicaciones.** Entidades que ofrecen servicios de cobertura de comunicación a través de satélites en órbita geoestacionaria (meteorología, navegación o telecomunicaciones), Y cuyos satélites se encuentran limitados por el agotamiento de su combustible para el mantenimiento de su posición orbital, están actualmente buscando soluciones para prolongar la vida útil de sus satélites.
- **Empresas operadoras de satélites en órbita baja.** Aquellas entidades que se encargan de desarrollar y/o operar satélites en órbitas más bajas (LEO/MEO), y que se enfrentan al cumplimiento de los nuevos requisitos relativos a la basura espacial. Este cumplimiento implicará un aumento de la complejidad tecnológica y del peso final del sistema, aumentando los costes de lanzamiento.
- **Organismos gubernamentales y agencias espaciales.** Aquellos organismos encargados de velar por la sostenibilidad del sector espacial, interesados en el desarrollo de sistemas de deorbitación rápida como es el caso de Space VIOS.
- **Empresas operadoras de constelaciones de satélites.** Existen varias entidades que operan un gran número de satélites para ofrecer servicios de comunicaciones en todo el mundo. Esos satélites, de diseño único y fabricación en serie, necesitarán un sistema de soporte en órbita para labores de inspección/diagnóstico de fallos, mantenimiento de órbita (si lo requiriese) y/o deorbitación en caso necesario. Además, debido a las

características técnicas de estos satélites, el desarrollo e industrialización de la fabricación de vehículos compatibles de soporte, como propone Space VIOS, generará mayor rentabilidad al modelo de negocio.

3. OTRAS SOLUCIONES/ALTERNATIVAS

Actualmente no existen soluciones comerciales a este problema. Para paliar sus consecuencias, se toman medidas que dependen del tamaño y órbita del satélite. Para grandes constelaciones de satélites en órbita baja (LEO), se planifica su reentrada de forma pasiva en un plazo no superior a los 25 años; se contempla para futuros lanzamientos reducir este plazo a 5 años. En satélites en órbita geoestacionaria, es ya estándar guardar una reserva de propulsante para su inserción en una órbita cementerio.

En este sentido, algunas empresas están comenzando a plantear distintos desarrollos para ofrecer servicios en órbita, como es el caso de la empresa americana *Momentus*. Esta empresa propone una filosofía similar a Space VIOS, y se encuentra en fase de desarrollo de su plataforma. Si bien ya ha lanzado a órbita un prototipo de vehículo, aun se trata de una fase muy preliminar del desarrollo, al haber optado tan solo por la validación de sistemas dispensadores de minisatélites.

También se ha desarrollado una misión por parte de la empresa estadounidense Northrop Grumman, *Misión Extension Vehicle* (MEV), quienes han conseguido validar las operaciones de acercamiento y captura a un satélite en órbita GEO en el año 2020.

Por último, en Europa aún no existe el desarrollo de una plataforma dedicada a realizar servicios en órbita, si bien se han llevado a cabo algunas iniciativas por parte de la Agencia Espacial Europea (ESA) para la limpieza de basura espacial. La primera, liderada por el Centro Espacial Surrey (UK) que llevó a cabo la captura de un satélite por medio de un arpón en 2018; por otro lado, el actual desarrollo de la misión *ClearSpace*, que pretende capturar basura espacial a través del despliegue de una red.

4. DIFERENCIACIÓN

Las medidas pasivas implementadas actualmente no son suficientes. No basta con mantener el número de satélites ya existentes, sino que es necesario vaciar las órbitas útiles para su mejor utilización. La filosofía de diseño aplicada al *NewSpace* puede ser a su vez útil a la hora de solucionar este problema, ya que el bajo coste de producción y lanzamientos puede ser asumible por las operadoras de satélites.

Por otro lado, las distintas empresas involucradas en el modelo de negocio similares al que propone Space VIOS se encuentran en etapas muy tempranas de proyecto, y su diseño se basa en la visión tradicional de desarrollo de tecnología espacial, basado en el diseño “ad-hoc”. En este sentido, Space VIOS propone un desarrollo de plataforma ágil basado en el uso de tecnología existente y productos comerciales disponibles en el mercado (COTS), así como el diseño de la plataforma enfocado a la estandarización de piezas e industrialización de los procesos productivos.

En este contexto de desarrollo de tecnología aún no maduro, se hace ideal el desarrollo de un sistema como el que propone Space VIOS, que consiga la madurez suficiente en un corto-medio plazo para introducirse en el mercado y proporcionar una gran ventaja competitiva tanto al mercado español como europeo/internacional.

Un ejemplo de misión en órbita baja podría ser el siguiente: se detecta la posibilidad de colisión entre un satélite de la constelación cliente con otro inoperativo. Para evitar este evento, el vehículo de Space VIOS ya en órbita, se desplazaría hasta la posición del satélite inoperativo, se acoplaría a él y lo trasladaría a otra órbita más baja, de tal forma que el efecto de la gravedad produzca una rápida reentrada. Finalmente, en el caso de que a nuestro vehículo le quede suficiente propulsante, se reutilizaría para otra misión.

5. MODELO DE NEGOCIO

Se han identificado dos modelos de negocio dependientes de los rangos de órbita de operación.

En el primero, se desarrollarán trabajos de “*End of Life Services*”. El objetivo de este servicio es proveer a los organismos internacionales de una herramienta de desguace para satélites situados en órbita baja (LEO), con el fin de cumplir los nuevos requisitos de reglamentación sobre basura espacial. Este servicio permitirá deorbitar sistemas espaciales englobados en el rango desde 50 kg (microsatélites) hasta 1000 kg, definidos como los de mayor riesgo tanto de colisión como de peligrosidad (efecto cascada o “Síndrome de Kessler”). Además, se consigue evitar el desarrollo e implementación por parte de los operadores de sistemas y protocolos añadidos de deorbitación de su satélite en nuevos diseños que deban cumplir las recientes reglamentaciones, pudiendo optimizar así su carga de pago en términos tecnológicos y económicos, y evitando restricciones de elección de órbita.

En el segundo, el vehículo desarrollará trabajos de “*Mission Extension*”. Para este trabajo, se ofrecerán a los operadores de satélites geoestacionarios (GEO) la posibilidad de extender la vida útil de sus satélites. Teniendo en cuenta la gran cantidad de recursos necesarios para el diseño, fabricación y puesta en marcha de sistemas de comunicaciones de este tipo, extender la vida útil de los mismos generará una gran ventaja competitiva a las empresas operadoras del satélite, pudiendo alargar en el tiempo su oferta de servicios a sus clientes. El vehículo realizará los procesos de acercamiento y captura del satélite, y se centrará en trabajos de corrección y mantenimiento de órbita (*station-keeping*).

6. TRABAJO REALIZADO

Los integrantes de Space VIOS son profesionales formados en el sector espacial y con interés en la puesta en marcha de futuras soluciones viables a un problema ya detectado y que se considera uno de los mayores retos del sector espacial.

El equipo de Space VIOS ha llevado a cabo estudios de mercado sobre el sector espacial actual. De esta manera, ha identificado el sector de servicios en órbita (*In Orbit Services*) como uno de los mercados con mayor potencial no solo en la industria espacial, sino en la industria general de los próximos 50 años.

También, debido a la diversidad del campo de conocimiento de sus integrantes, se han identificado las tecnologías disponibles y necesarias para llevar a cabo con éxito el desarrollo del vehículo, y ha determinado las distintas fases a cumplir para llevar a cabo con éxito la misión de Space VIOS.

Los próximos pasos de Space VIOS se centrarán en la evolución del proyecto a nivel estratégico y técnico. Con ayuda de *advisors* referentes del sector, se

comenzará a desarrollar en detalle el modelo de negocio, la estrategia de futuro a corto plazo, y la estrategia de marketing de cara a plantear las primeras rondas de inversión.

7. SIGUIENTES PASOS

A nivel técnico, el primer paso a llevar a cabo consistirá en concretar los requisitos técnicos de la misión, para poder así empezar a proponer un diseño preliminar del vehículo.

Se pretende que la tecnología a desarrollar sea modular y escalable. Así, a largo plazo se proponen los siguientes hitos:

FASE 1 (fecha estimada 2026) Diseño del sistema de posicionamiento en órbita. Prueba del sistema de potencia y el de propulsión con un vehículo prototipo.

FASE 2 (fecha estimada 2028) Sistema de acercamiento y captura. Validación del hito 1 y además prueba del sistema de acercamiento y captura de satélites con un dummy (satélite “de prueba” que se lanzaría a la vez que el vehículo VIOS).

FASE 3 (fecha estimada 2030) Validación completa. Validación de los hitos 1 y 2 y prueba de deorbitación del dummy, validando también el sistema de suelta del satélite para la reutilización del vehículo VIOS.

8. PREVISIÓN DE FINANCIACIÓN

Tratándose de una propuesta de desarrollo de producto en varias fases, los primeros pasos de Space VIOS se centran en el desarrollo en detalle del modelo de negocio, así como del diseño preliminar de la tecnología a utilizar y el diseño de la marca Space VIOS, para poder llevar a cabo distintas rondas de inversión que permitan continuar con el desarrollo de trabajos.

De cara a la inversión, se trabaja en un modelo incremental de rondas:

Ronda A. Inversión pequeña. Compra de software para el desarrollo de trabajos de creación de marca y primeros diseños técnicos.

Ronda B. Inversiones medias. Contratación de personal y material necesario para la fabricación y lanzamiento de prototipo.

Ronda C. Inversión grande. Adquisición de instalaciones y equipos de producción para la industrialización del vehículo.

9. INTEGRANTES

Higinio Rubio Arnaldo, Investigador contratado, IDR. Estudiante del Máster en Sistemas Espaciales (MUSE) por el IDR/UPM.

Higinio es Ingeniero mecánico con experiencia en el sector industrial. Ha trabajado en la gestión de proyectos de I+D a través de servicios de consultoría, y posteriormente ha sido encargado del desarrollo de varios proyectos de I+D englobados en la sostenibilidad y energías renovables. Esta experiencia le ha dado una visión global del mercado y de las habilidades necesarias para llevar a cabo un proyecto con éxito. Actualmente es Ingeniero de estructuras espaciales en IDR, participando en misiones como EnVision (ESA).

Alba Benito de Valle Egido. Ingeniero GNSS, GMV. Estudiante del Máster en Sistemas Espaciales (MUSE) por el IDR/UPM.

Alba es Ingeniera Aeroespacial y actualmente estudiante del Máster Universitario en Sistemas Espaciales (MUSE) por la UPM, el cual le está proporcionando una visión global del sector espacial, dentro del cual esta propuesta se engloba. Además, posee gran interés en el ámbito de análisis de misión, mecánica orbital y control de actitud, pilares fundamentales para el éxito de esta propuesta. Posee experiencia técnica previa en proyectos espaciales, habiéndose encargado de las labores de AIT (Assembly Integration and Testing) dentro del proyecto HERCCULES.

Adrián Peña Capalvo. Becario en IDR/UPM. Estudiante del Máster en Sistemas Espaciales (MUSE) por el IDR/UPM.

Adrián es Ingeniero Aeroespacial y actualmente estudiante del Máster Universitario en Sistemas Espaciales (MUSE) por la UPM. Posee experiencia en el campo de AIT (Ensamblaje, Integración y Testeo), así como en proyectos tanto académicos (misión HERCCULES) como con colaboración con empresas externas, con ensayos en la cámara de vacío térmica (TVAC) de las instalaciones del IDR en el Campus de la UPM de Montegancedo.

María González Alonso. Ingeniera RAMS en GMV. Estudiante del Máster en Sistemas Espaciales (MUSE) por el IDR/UPM.

María es Ingeniera Aeroespacial y actualmente estudiante del Máster Universitario en Sistemas Espaciales (MUSE) por la UPM. Destaca su experiencia en análisis estructurales y en diseño de mecanismos en SENER. Actualmente se encuentra trabajando en proyectos desde el punto de vista de ingeniería de sistemas ahora en GMV, lo cual será necesario a la hora de organizar y llevar a cabo los hitos del proyecto.

Daniel Navajas Ortega. Estudiante del doctorado en Ingeniería Aeroespacial en IDR/UPM.

Daniel es Ingeniero Aeronáutico especializado en Sistemas Espaciales. Tiene experiencia como ingeniero térmico en el diseño y control térmico de sistemas espaciales, habiendo participado en misiones como Solar Orbiter (ESA), Vigil (ESA) o EnVision (ESA).

Alfonso Mateo Aguarón. Estudiante de Doctorado en Ingeniería Aeroespacial en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Aeronáutica y de Espacio (ETSIAE).

Alfonso es Ingeniero Aeroespacial por la UPM especializado en espacio. Tiene experiencia profesional en ingeniería de sistemas, análisis de misión, instrumentación y telecomunicaciones desarrollada en el Instituto de Comunicaciones y Navegación del Centro Aeroespacial Alemán (DLR), en el campo de las comunicaciones ópticas intersatelitales. Así mismo, cursó la especialidad de Espacio durante el máster en Ingeniería Aeroespacial en la Universidad Técnica de Delft (Países Bajos). Posee experiencia investigadora en el área de la determinación precisa de órbitas, de gran relevancia en el ámbito del proyecto propuesto, al estudiar en el trabajo de fin de máster el campo gravitatorio de Titán a partir de mediciones Doppler de la sonda Cassini.

10. REFERENCIAS

- [1] <https://standards.nasa.gov/standard/NASA/NASA-HDBK-4002>
- [2] <https://www.nasa.gov/smallsat-institute/sst-soa/deorbit-systems>
- [3] <https://accesspartnership.com/access-alert-us-fcc-to-set-five-year-deadline-for-deorbiting-leo-satellites/>