



Artículo N° 28 / 2025 VEHÍCULOS DE TRANSFERENCIA ORBITAL (OTV)

Por Álvaro Aguirre Warden, Director de Asuntos Espaciales.

21 de octubre de 2025. 14 Min. de lectura.

Introducción.

En el umbral de una nueva era espacial, los vehículos de transferencia orbital (OTV) emergen como piezas clave en la arquitectura logística del entorno orbital. A medida que se intensifica la demanda por inserciones precisas —impulsada por el despliegue masivo de satélites y misiones compartidas— y crece la urgencia por gestionar los desechos espaciales, los OTV se consolidan como infraestructura crítica para garantizar la sostenibilidad, eficiencia y expansión del acceso al espacio.

Además, la acelerada comercialización del sector espacial ha transformado las reglas del juego: la modularidad tecnológica, la reutilización operativa y la colaboración internacional ya no son ventajas competitivas, sino requisitos fundamentales para liderar el mercado. En este contexto, cada nación está trazando su propia estrategia, aprovechando sus capacidades industriales, fortalezas científicas y objetivos geopolíticos para posicionarse en una carrera que definirá el futuro de la movilidad orbital.

Este documento explora el papel estratégico de los OTV en la evolución del ecosistema espacial, analizando sus modelos operativos, segmentación de mercado y potencial transformador dentro de una infraestructura cada vez más activa, diversificada y económicamente viable.



Representación del Spacevan, el vehículo de transferencia orbital de Exotrail. Fuente: Exotrail.

Vehículo de transferencia orbital.

Un vehículo de transferencia orbital —también conocido como *space tug* o remolcador espacial— es una nave diseñada para transportar cargas útiles entre diferentes órbitas una vez que han sido desplegadas por un lanzador. Su función es esencial en la logística espacial moderna, especialmente en misiones de múltiples etapas, mantenimiento orbital y gestión de desechos espaciales.

La función más básica de un OTV es interactuar con activos espaciales, los cuales pueden clasificarse según su nivel de cooperación:

- Cooperativos: Diseñados explícitamente para facilitar el mantenimiento o la interacción.
- Parcialmente cooperativos: Por ejemplo, satélites que, aunque no fueron diseñados para ser remolcados, pueden maniobrar para facilitar la operación.
- No cooperativos: Objetos inertes sin capacidad de maniobra.
- Hostiles: Vehículos inestables, giratorios o tumbantes, cuya proximidad puede representar un riesgo.

Los remolcadores pueden modificar la órbita de estos objetos por diversas razones, tales como: extensión de la vida útil del satélite, recuperación de activos para reparación o reutilización, retiro de órbita, por ejemplo, al final del ciclo operativo de un satélite y reubicación hacia otras plataformas, como la Estación Espacial Internacional (EEI) o vehículos de retorno.

Además, estos vehículos pueden ofrecer interacción activa con objetos en órbita, realizando tareas como reparaciones, reabastecimiento o acoplamiento. Sin embargo, diseñar sistemas de remolque espacial viables ha resultado complejo, debido al amplio rango de escenarios y condiciones que deben contemplarse.

En la práctica, el desarrollo de los OTV se enfrenta a diversos desafíos técnicos, ambientales y económicos. Las dinámicas orbitales son poco favorables: muchas maniobras deseadas —como los cambios de plano o las transferencias a órbitas lejanas— son extremadamente intensivas en energía, lo que impone altas exigencias sobre el sistema de propulsión.

El entorno espacial representa otro obstáculo. Para ser operativamente eficaces, estos vehículos deben ser resistentes a la radiación y al impacto con escombros orbitales, lo que implica diseños estructuralmente robustos capaces de operar durante largos periodos en múltiples órbitas.

Desde el punto de vista económico, los mercados para servicios de remolque espacial siguen siendo incipientes e inciertos, lo que dificulta justificar las inversiones necesarias y demostrar un retorno de inversión claro. Además, muchas misiones potenciales requieren tecnologías avanzadas, como propulsión nuclear o sistemas de propulsión eléctrica de alto impulso específico, que aún se encuentran en fase de desarrollo o validación.

Finalmente, la mayoría de los escenarios operativos exige avances significativos en sistemas de control, navegación autónoma, y hardware especializado para agarre o acoplamiento, especialmente al interactuar con objetivos no cooperativos o en rotación.

Funciones Principales.

Las funciones principales que pueden cumplir los OTV son las siguientes:

- Cambio de órbita: Llevar satélites desde una órbita de transferencia a su órbita final (LEO, GEO, lunar, etc.).
- Extensión de vida útil: Reabastecer o reparar satélites en órbita.
- Despliegue de cargas múltiples: Optimizar misiones rideshare, colocando satélites en órbitas distintas.
- Remoción de desechos espaciales: Capturar y desorbitar satélites inactivos o basura orbital.
- Mantenimiento y servicio: Inspección, reparación o actualización de satélites existentes.

Segmentación de los OTV por tipo de vehículo.

Los vehículos de transferencia orbital pueden clasificarse en dos grandes segmentos: OTV de uso único y OTV reutilizables

Cada segmento presenta características, ventajas competitivas y proyecciones de crecimiento distintas, impulsadas por diferentes necesidades operativas, tecnológicas y comerciales.

OTV de Uso Único.

El segmento de OTV de uso único tiene diversas ventajas como es la simplicidad operativa, la reducción de costos iniciales y la adecuación para misiones de alto riesgo o larga distancia, ya que no requiere sistemas complejos de recuperación.

Los OTV de uso único son especialmente adecuados para: Despliegue de satélites, misiones de exploración espacial profunda y pruebas tecnológicas iniciales.

Tiene también aplicaciones estratégicas con los Organismos gubernamentales y militares que los emplean para lanzar cargas útiles críticas de forma puntual y segura. Y para nuevos actores en la industria espacial que los prefieren para misiones de demostración tecnológica, ensayos iniciales y operaciones de bajo costo.

OTV Reutilizables.

El segmento de OTV reutilizables permite una logística espacial más sostenible y rentable, donde la reutilización reduce significativamente los costos de lanzamiento a largo plazo, permitiendo realizar múltiples misiones con una sola unidad.

Lo anterior permite a los Operadores comerciales de constelaciones satelitales realizar misiones de remoción de desechos orbitales, servicios de mantenimiento y reparación en órbita, Acoplamiento autónomo (docking), Propulsión eléctrica de alto rendimiento y Modularidad en el diseño que extiende la vida útil operacional

Estos avances están habilitando una nueva generación de OTV capaces de actuar como infraestructura logística orbital en un mercado espacial en rápida expansión.

Segmentación por Sistema de propulsión

Basado en el sistema de propulsión, los vehículos de transferencia orbital se segmentan en propulsión química, propulsión eléctrica, propulsión térmica nuclear y otros.

La segmentación de los vehículos de transferencia orbital según su sistema de propulsión revela no solo diferencias técnicas, sino también estratégicas en cuanto a rendimiento, costo, sostenibilidad y aplicabilidad en distintos entornos orbitales.

Propulsión química entrega una alta potencia y empuje inmediato, usando combustibles líquidos o sólidos, lo que permite ser utilizados para transferencias rápidas, misiones de corta duración, inserciones precisas en GEO sigue siendo preferida para misiones críticas que requieren rapidez y precisión.

Propulsión eléctrica tiene un bajo empuje, pero una altísima eficiencia. Incluye motores iónicos, Hall effect thrusters, etc. utilizándose para misiones de larga duración, logística en LEO/MEO, servicing, constelaciones. Actualmente domina el mercado comercial por su eficiencia y bajo consumo de combustible.



Vista artística de Deep Space 1 que muestra los paneles solares y el motor de iones (con escape azul), aspectos principales de este diseño eléctrico solar.

Propulsión térmica nuclear utiliza calor generado por reacciones nucleares para expandir un propulsor lo que da una alta eficiencia específica, utilizándose en misiones de exploración profunda, misiones cislunares o interplanetarias. Se encuentra en fase de desarrollo avanzado, con interés creciente en EE.UU., China y Rusia para misiones lunares y marcianas.

Otros sistemas: Incluye propulsión solar térmica, vela solar, propulsión láser, y tecnologías emergentes utilizándose en demostraciones tecnológicas, misiones experimentales y movilidad autónoma.

Oportunidades de Crecimiento Estratégico en los Vehículos de Transferencia Orbital.

A medida que avanzan las capacidades para el mantenimiento de satélites, el transporte de carga y la exploración espacial, los vehículos de transferencia orbital están emergiendo como un elemento clave para el crecimiento estratégico del sector espacial. Estos sistemas se benefician de la reducción de costos asociados a las misiones espaciales y de una creciente eficiencia operativa, lo que los posiciona como una plataforma tecnológica crítica tanto para agencias espaciales nacionales como para empresas privadas.

Actualmente, los OTV están encontrando aplicaciones estratégicas en diversas áreas clave:

- **Servicio de Satélites**

Los OTV están siendo cada vez más utilizados para tareas de servicio en órbita, que incluyen: reabastecimiento de combustible, reparaciones y actualizaciones de sistemas.

Este crecimiento se ve impulsado por la necesidad de extender la vida útil de los satélites y mejorar su eficiencia operativa, reduciendo así la dependencia del costoso reemplazo de activos orbitales. Las empresas que desarrollan soluciones de servicio basadas en OTV están experimentando una expansión acelerada, al ofrecer alternativas más económicas y sostenibles.

- **Transporte de Carga**

Con las misiones de exploración espacial volviéndose cada vez más complejas, la demanda de OTV para el transporte de carga hacia la órbita terrestre baja (LEO) y más allá está en aumento.

Esto es particularmente relevante para: estaciones espaciales comerciales, misiones tripuladas y robóticas de largo alcance y proyectos de infraestructura en el espacio profundo.

Los OTV ofrecen un medio confiable y flexible para entregar suministros críticos, módulos o equipos a diferentes destinos orbitales y extraplanetarios.

- **Despliegue de Micro-Satélites**

Los OTV también están siendo diseñados para apoyar el despliegue de micro-satélites, que representan una parte creciente del mercado espacial comercial. Su capacidad para entregar múltiples cargas útiles en órbitas específicas los convierte en plataformas ideales para el despliegue de constelaciones satelitales, utilizadas en: Comunicaciones, Observación de la Tierra e Investigación científica

Esta capacidad añade valor a las misiones comerciales al mejorar la flexibilidad orbital y reducir el tiempo de puesta en servicio de nuevos satélites.

- **Exploración Interplanetaria**

A medida que los objetivos de exploración se expanden hacia la Luna, Marte y más allá, los OTV se perfilan como vehículos clave en las misiones interplanetarias. Su uso incluirá: Transporte de carga pesada, Soporte logístico a misiones humanas y Posible integración con hábitats y módulos científicos

Los OTV desempeñarán un papel crucial en la construcción de infraestructuras espaciales fuera de la Tierra, incluyendo bases lunares y estaciones en tránsito hacia Marte, apoyando así la próxima generación de exploración espacial.

Panorama global del desarrollo de vehículos de transferencia orbital.

El desarrollo de vehículos de transferencia orbital está siendo impulsado por diversos actores globales, con avances significativos en países como Estados Unidos, China, Alemania, India y Japón. Estas naciones están invirtiendo en tecnologías de nueva generación y en colaboraciones estratégicas, con el objetivo de fortalecer sus capacidades logísticas espaciales.

El crecimiento de la demanda en áreas como el despliegue satelital, la exploración espacial y el servicio en órbita está actuando como catalizador para la rápida expansión de los OTV a nivel mundial.

Estados Unidos.

Estados Unidos lidera el desarrollo de OTV gracias a una sólida cooperación entre el sector público y privado. La NASA impulsa tecnologías avanzadas en asociación con empresas como SpaceX, Blue Origin y Northrop Grumman, fomentando el desarrollo de OTV reutilizables, eficientes y autónomos, con enfoque de mantenimiento de satélites, logística orbital e iniciativas de exploración interplanetaria y posesionarse como líder tecnológico, innovación privada y objetivos de largo plazo en movilidad espacial.

La NASA en el año 2025 ha seleccionado a seis empresas para realizar estudios sobre vehículos de transferencia orbital, centrados en métodos más económicos para lanzar y transportar naves espaciales de diversos tamaños y formas a múltiples órbitas de difícil acceso.

Cada una de las seis compañías realizará estudios que explorarán la futura aplicación de vehículos de transferencia orbital para las misiones de la NASA:

- Arrow se asociará con Quantum Space para este estudio. El Ranger de Quantum ofrece un servicio de entrega de carga útil como una nave espacial multimisión diseñada para una rápida maniobrabilidad y adaptabilidad, lo que permite la entrega a múltiples destinos para misiones desde la órbita baja terrestre hasta la órbita lunar.



Crédito: Arrow

- Blue Origin realizará dos estudios, incluyendo uno para Blue Ring, una gran plataforma espacial de alta movilidad que ofrece servicios completos de entrega de carga útil, computación de borde a bordo, alojamiento y operaciones de misión de extremo a extremo. Utiliza capacidad híbrida de propulsión solar-eléctrica y química para alcanzar destinos geoestacionarios, cislunares, Marte e interplanetarios. El segundo es un estudio de la etapa superior New Glenn.



Crédito: Blue Origin

- La línea de vehículos orbitales Elytra de Firefly ofrece entrega de carga útil bajo demanda, imágenes, comunicaciones de larga distancia y conocimiento del dominio en el espacio cislunar. El Elytra Dark de Firefly está equipado para servir como vehículo de transferencia y permitir operaciones continuas en órbita lunar durante más de cinco años.



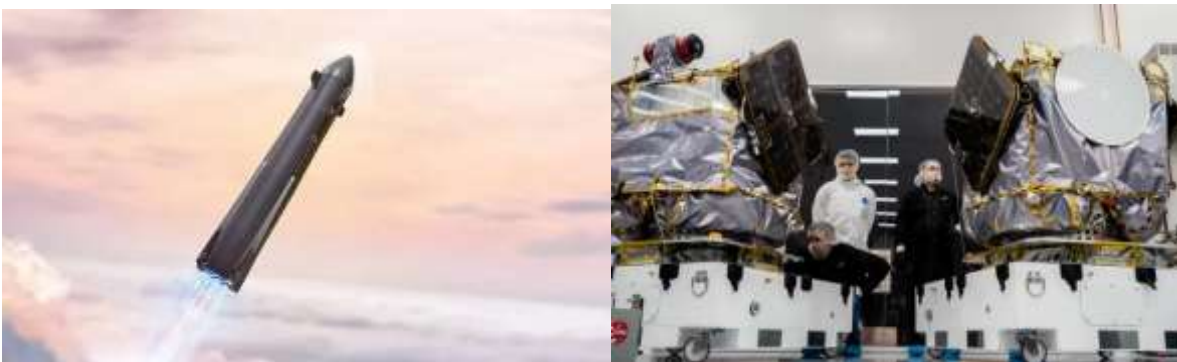
Crédito: Firefly Aerospace

- Impulse Space realizará dos estudios. La compañía proporciona movilidad espacial con dos vehículos: Mira y Helios. Mira es una nave espacial de alto empuje y gran maniobrabilidad para el alojamiento y despliegue de cargas útiles, mientras que Helios es una etapa de impulso de alta energía para el transporte rápido de cargas útiles desde órbitas terrestres bajas a órbitas terrestres medias, órbitas geoestacionarias y más allá.



Crédito: Impulse Space

- Los dos estudios de Rocket Lab incluirán la etapa superior del cohete Neutron de la compañía, así como un vehículo de transferencia orbital de larga duración basado en su nave espacial Explorer. Ambos vehículos están equipados con sus propios sistemas de propulsión y otros subsistemas para misiones a órbitas terrestres medias y geosíncronas, así como a destinos del espacio profundo como la Luna, Marte y asteroides cercanos a la Tierra.



Crédito: Rocket Lab

- United Launch Alliance evaluará las capacidades de misión cislunar de una etapa superior Centaur V de larga duración. Centaur podría transportar directamente múltiples naves espaciales de transporte compartido a dos destinos orbitales diferentes en el espacio cislunar, evitando así la necesidad de una etapa de cohete adicional o un vehículo de transferencia orbital.

Europa.

Europa está desarrollando una gama diversa de Vehículos de Transferencia Orbital que reflejan su enfoque en logística espacial, sostenibilidad y autonomía tecnológica. Los OTV europeos están más orientados a servicios comerciales, científicos y de limpieza orbital.

Existen varios vehículos europeos de transferencia orbital en desarrollo. Esto incluye startups de lanzamiento que desarrollan etapas superiores o de arranque multifunción, como Rocket Factory Augsburg, Dark y Skyrora, y empresas de logística espacial centradas principalmente en el desarrollo de vehículos de transferencia orbital, como Exotrail, Lúnasa Space, Porkchop, UARX Space y D-Orbit.

También, existen empresas que desarrollan estos vehículos específicamente para la eliminación de desechos orbitales, como ClearSpace.



Representación de la nave espacial ION. Imagen: D-Orbit.

Alemania se perfila como un competidor estratégico dentro del ecosistema OTV gracias a su infraestructura avanzada en ingeniería espacial. La agencia espacial DLR ha desarrollado estudios sobre OTV reutilizables para carga comercial y satelital, con enfoque en logística orbital para satélites comerciales y misiones científicas, y destacarse como colaborador internacional a través de la ESA, lo que amplía el alcance global de sus desarrollos.

China.

China ha invertido agresivamente en tecnologías OTV, con aplicaciones comerciales y militares. La agencia espacial CNSA colabora con empresas emergentes del sector privado para desarrollar OTV destinados al reabastecimiento, transferencia orbital y reutilización de satélites, con enfoque en la autosuficiencia tecnológica, defensa espacial y expansión en misiones de larga duración, con el objeto de posesionarse como actor clave en la infraestructura logística espacial del futuro.

Aunque China no utiliza explícitamente el término OTV en sus programas lunares, el concepto está implícito en varias de sus tecnologías de soporte y logística orbital:

- Chang'e 5 y 6: Incluyen módulos de ascenso y transferencia que funcionan como OTVs internos, llevando muestras desde la superficie lunar a la órbita lunar y luego a la Tierra.
- Lanyue Lander (2025): Realizó pruebas de despegue y aterrizaje como parte de la preparación para misiones tripuladas en 2030. Este tipo de vehículo podría integrar capacidades de transferencia orbital para ensamblaje o reabastecimiento en órbita lunar.
- Estación lunar en el polo sur: China planea establecer una base científica en la Luna antes de 2030. Esto requerirá vehículos logísticos tipo OTV para transportar módulos, suministros y posiblemente astronautas entre órbitas lunares y la superficie.

China también, ha demostrado capacidades de transferencia interplanetaria con sondas como Chang'e 2, que tras su misión lunar realizó un sobrevuelo de un asteroide y se adentró en el espacio profundo, probando su red de control TT&C.

- Shijian-21

La nave espacial china desarrollada por la Academia de Tecnología Espacial de Shanghái (SAST), Shijian-21 es un OTV de mitigación de desechos espaciales, en la categoría de remolcadores grandes, que pudo mover el satélite Beidou-2 G2, que ya no funcionaba, de su órbita geostacionaria y lo remolcó a una órbita cementerio sobre el cinturón geoestacionario, a 35.786 kilómetros sobre el ecuador. Esto marcó la primera vez que un vehículo producido fuera de los EE. UU. logró tal hazaña. Además, fue también la segunda vez en la historia que se realizó este tipo de maniobra.

- Shijian-25 (SJ-25)

Es un satélite experimental chino lanzado en enero de 2025 para probar tecnologías clave de servicio en órbita, como el reabastecimiento de combustible y la extensión de la vida útil de otros satélites, y para ayudar a reducir los desechos espaciales. La misión ha sido observada con atención por Estados Unidos, ya que demuestra capacidades que podrían ser tanto civiles como militares.

Fue lanzado el 6 de enero de 2025 desde China a bordo de un cohete Gran Marcha-3B, y a partir de junio de 2025, ha estado realizando operaciones de aproximación cercana con el satélite Shijian-21 y se ha informado que los satélites se han acoplado para realizar operaciones de reabastecimiento de combustible, un hito histórico en la capacidad de mantenimiento espacial.

La misión Shijian-25 sugiere que China se centra en mejorar las capacidades para mantener y prolongar la vida útil de los satélites ya en órbita. Estas capacidades pueden reducir costos y mejorar la sostenibilidad de las operaciones espaciales.

El Shijian-25 fue desarrollado y fabricado por la SAST, una importante filial de la Corporación de Ciencia y Tecnología Aeroespacial de China (CASC).

Objetivos de la misión:

- Servicio en órbita: El objetivo principal es desarrollar y probar la capacidad de reabastecer de combustible a otros satélites y extender su vida útil en el espacio.
- Reducción de desechos: Al mantener los satélites en funcionamiento por más tiempo, se busca prolongar su vida útil y disminuir la cantidad de desechos en órbita.
- Consolidación tecnológica: La misión busca avanzar en las tecnologías críticas para el mantenimiento autónomo en el espacio, un paso importante para China como potencia espacial.

India.

India, a través de su agencia espacial ISRO, está comenzando a consolidar su presencia en el mercado de OTV, apostando por soluciones económicas, eficientes y sostenibles. Su estrategia se centra en reducir costos de lanzamiento y ofrecer servicios en órbita competitivos, con un enfoque en la accesibilidad comercial, despliegue de satélites de bajo costo, colaboración internacional, destacando su potencial para convertirse en un actor importante en el segmento de OTV de bajo presupuesto.

Japón.

Japón está avanzando en el desarrollo de OTV a través de JAXA, su agencia espacial nacional. Se están diseñando vehículos ligeros, de alta eficiencia, orientados al mantenimiento de satélites y al soporte de misiones interplanetarias, con enfoque en la alta eficiencia energética, diseño compacto y soporte a misiones internacionales, destacándose en la estrategia basada en alianzas globales para expandir su participación en el mercado OTV.

OTV como arma antisatélite (ASAT).

En teoría, un OTV puede ser adaptado para funciones antisatélite, aunque no todos los OTV están diseñados con ese propósito. La clave está en su capacidad para realizar maniobras de proximidad y rendezvous orbital (RPO), lo que les permite acercarse a otros satélites con precisión. Esta habilidad puede ser usada para fines pacíficos (como mantenimiento o inspección), pero también, puede ser militarizada.

Capacidades ASAT Potenciales de un OTV.

Un OTV podría convertirse en un sistema ASAT si se le dota de:

- Capacidad de interceptación: Maniobras precisas para acercarse a un satélite objetivo.
- Carga útil destructiva o de interferencia: Desde explosivos hasta sistemas de guerra electrónica.
- Capacidad de remolque o desorbitación: Para sacar al satélite de su órbita funcional.

Conclusión.

A medida que crece la demanda por inserciones orbitales precisas —especialmente tras el despliegue de misiones de transporte compartido a gran escala— y se intensifica la necesidad de gestionar los desechos orbitales, la adopción de vehículos de transferencia orbital aumentará de forma inevitable y sostenida.

La carrera por el dominio de la logística espacial orbital está en plena expansión, y los OTV se consolidan como infraestructura esencial en esta nueva etapa. Cada nación adopta enfoques estratégicos distintos, aprovechando sus fortalezas tecnológicas, capacidades industriales y objetivos geopolíticos para posicionarse en este mercado emergente.

Con la acelerada comercialización del espacio, aspectos como la colaboración internacional, la modularidad tecnológica y la reutilización operativa serán determinantes para definir el liderazgo en el mercado OTV durante la próxima década.

El desarrollo continuo de estos vehículos representa una oportunidad estratégica de alto impacto, especialmente en un ecosistema espacial cada vez más activo, competitivo y diversificado. A medida que descienden los costos de acceso al espacio, se consolidan nuevos modelos de negocio y se expanden las capacidades tecnológicas, los OTV se afianzan como vehículos clave para garantizar la sostenibilidad, eficiencia y expansión del entorno espacial.

La segmentación del mercado en OTV de uso único y OTV reutilizables refleja dos estrategias complementarias dentro de la cadena de valor espacial: Los OTV de uso único ofrecen soluciones inmediatas, flexibles y de bajo costo para misiones puntuales, demostraciones tecnológicas y despliegues estratégicos en órbitas específicas.

En cambio, los OTV reutilizables representan el futuro de la movilidad espacial sostenible, actuando como pilares logísticos capaces de realizar múltiples misiones con una sola plataforma, reduciendo significativamente los costos operativos a largo plazo.

La elección del sistema de propulsión en un OTV está estrechamente ligada a su misión, entorno orbital y estrategia de costo-beneficio:

- La propulsión eléctrica, que domina el sector comercial gracias a su alta eficiencia y bajo consumo de combustible, ideal para misiones prolongadas en órbita baja o media.
- La propulsión química, que sigue siendo esencial para tareas críticas que requieren alto empuje y maniobras rápidas.
- La propulsión térmica nuclear y otros sistemas emergentes (como la vela solar o la propulsión láser) están en fases de desarrollo, con gran potencial para misiones interplanetarias y de larga duración en el futuro.

Bibliografía:

AAW

OTV

<https://www.dw.com/es/la-fuerza-espacial-a-imagen-de-su-misterioso-x-37b/a-71745780>

European Orbital Transfer Vehicles Index

<https://www.dvidshub.net/news/232877/x-37b-orbital-test-vehicle-fact-sheet>

<https://www.marketresearch.com/Lucintel-v2747/Orbital-Transfer-Vehicle-Trends-Forecast-41454141/>

<https://spacenews.com/china-launches-shijian-25-satellite-to-test-on-orbit-refueling-and-mission-extension-technologies/>

https://seari.mit.edu/documents/preprints/MCMANUS_AIAA03.pdf

China's Shijian-21 towed dead satellite to a high graveyard orbit - SpaceNews

<https://www.gminsights.com/es/industry-analysis/orbital-transfer-vehicle-otv-market>