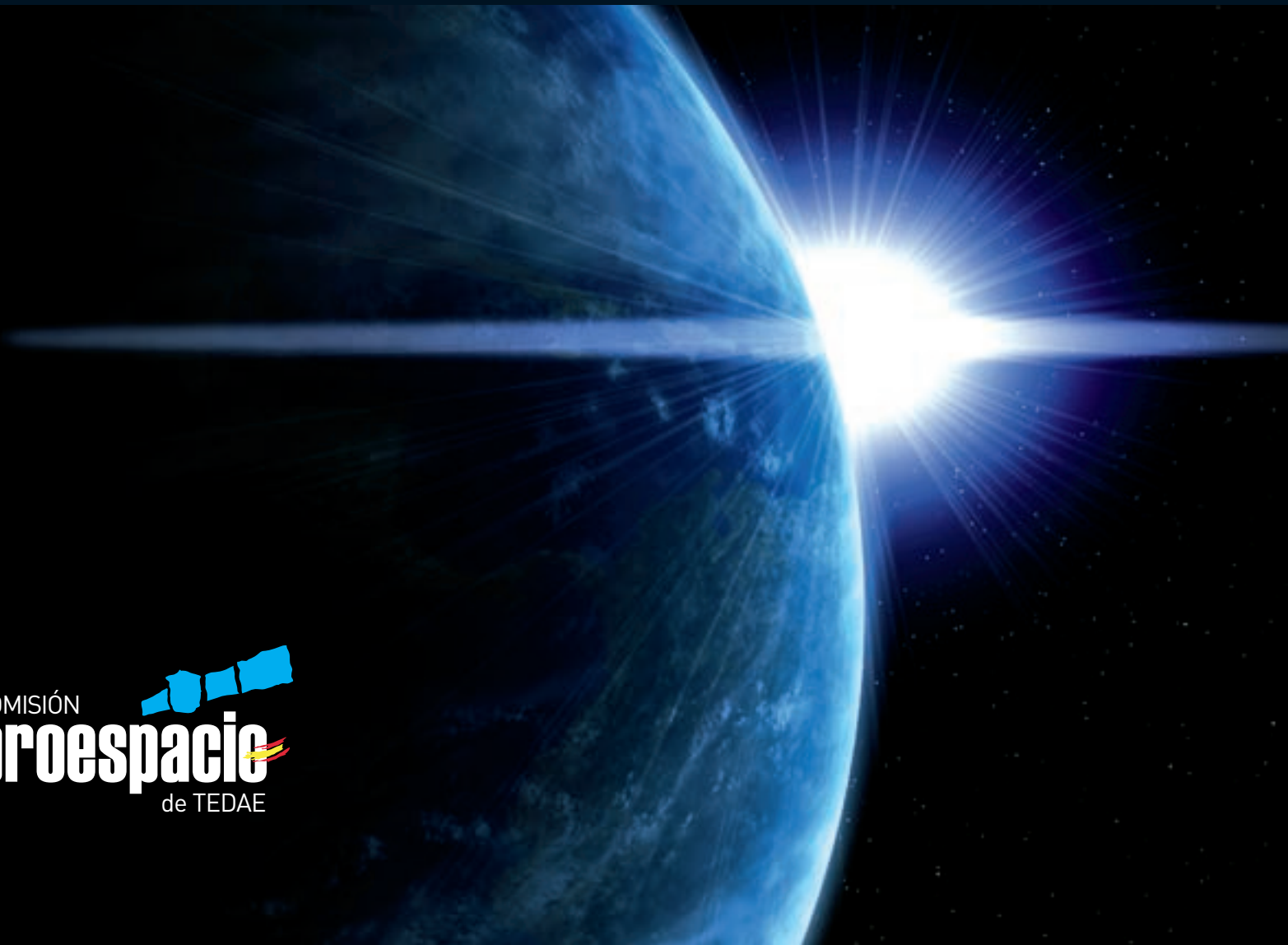


Un paseo por  
el **espacio**

01

COMISIÓN  
**proespacio**  
de TEDAE



## ¡Sabías que...!

Cuando se consiguió traspasar la atmósfera de la Tierra, comenzó la era espacial

Foto: NASA

01



**¡HOLA!**  
**SOMOS BEPI Y BEPO**  
**Y OS VAMOS A**  
**ACOMPañAR A LO**  
**LARGO DE ESTA**  
**AVENTURA**

# ¿qué es la astronáutica?

**L**a astronáutica es la ciencia que, amalgama de otras muchas, nació para poner a nuestra disposición los conocimientos y herramientas necesarios para hacer realidad un sueño largamente acariciado por la Humanidad: el viaje al espacio, la Luna y los planetas. En otras palabras, surcar el Cosmos, un entorno hostil donde falta el aire y las distancias son un desafío.

Se puede decir que la astronáutica, también llamada cosmonáutica, es un gran paso adelante respecto a la aeronáutica. Ha logrado desarrollar vehículos tan sofisticados que pueden funcionar (en la medida de lo posible) con independencia de los recursos terrestres. Satélites, sondas y naves tripuladas transportan todo lo necesario para moverse y sobrevivir, como un sistema

de propulsión para alcanzar la velocidad requerida, una estructura capaz de resistir las variaciones térmicas y de radiación del espacio, elementos para navegar a través de él con precisión e incluso para mantener a un ser vivo en su interior, a pesar de las aceleraciones, los micro-meteoritos y otros inconvenientes.

Estamos refiriéndonos, por supuesto, a aparatos cuya tecnología se halla siempre en la frontera de lo realizable. Sus aplicaciones, que abarcan desde la exploración hasta las comunicaciones, la meteorología o la ciencia básica, ya forman parte de nuestra sociedad. Si la aviación hizo pequeño al mundo, la astronáutica está abriendo al hombre las puertas del cosmos y, quizá, de su propio futuro como especie.



LOS LANZADORES  
SON NECESARIOS  
PARA ACCEDER  
AL ESPACIO

# ¿qué es un cohete?

**H**ace un siglo, Konstantin Tsiolkovsky, uno de los pioneros de la astronáutica, definió nuestro planeta como la cuna de la Humanidad.

Antes o después, tendría que abandonarlo para alcanzar su mayoría de edad y con ello obtener su verdadero lugar en el Universo.

Pero, ¿cómo viajar hacia otros planetas, si estos están situados a enormes distancias? El genial teórico ruso vio en el cohete el sistema más apropiado para afrontar tal empresa.

## DE ÍCARO A VERNE

En la mitología griega, Dédalo construyó unas alas para él y su hijo, hechas con plumas de pájaro. Pero el joven Ícaro voló demasiado alto y el calor del Sol derritió la cera que las unía. Esta historia fantástica, de triste final, refleja la milenaria inquietud humana

FOTO: ESA

por encontrar un medio de propulsión que nos permita alcanzar el espacio. En la actualidad, ese medio es el cohete, un ingenio que apareció en la Edad Media gracias al invento de la pólvora y que tuvo su primera aplicación en las llamadas 'flechas de fuego' chinas. La combustión controlada de la pólvora producía el empuje necesario para que los cohetes lograran grandes altitudes y distancias.

Es cierto que algunos autores han propuesto medios alternativos para volar al espacio, como las centrifugadoras o los cañones. De hecho, estos últimos, más eficaces, acabarían acaparando los campos de batalla hasta la Segunda Guerra Mundial, y el propio Julio Verne fabuló su obra 'De la Tierra a la Luna' (1865) alrededor de uno de ellos. Pero el cohete tiene otras ventajas: puede transportar a bordo todo lo necesario para obtener su objetivo y no depende de energía externa alguna para su funcionamiento.

## GENIOS DE LA ASTRONÁUTICA

¿Sería posible construir un cohete lo bastante grande como para llevar a un hombre a bordo? Los cálculos necesarios para ello no son triviales, de modo que el problema sólo pudo ser atacado inicialmente por aquellos a los que ahora denominamos padres de la astronáutica, verdaderos adelantados a su tiempo. Nos referimos al francés Robert Esnault-Pelterie, al estadounidense Robert Goddard, al alemán Hermann Oberth y al ruso Konstantin Tsiolkovsky, entre otros; genios de la ciencia y la tecnología que desarrollaron la teoría de los cohetes y que incluso la pusieron en práctica en algunas ocasiones.

Estos pioneros superaron el rendimiento de la vieja pólvora, diseñaron los primeros motores de combustible líquido y construyeron prototipos que llegaron a cientos de metros de altitud. Algunos calcularon la potencia que tendrían que obtener para colocar en órbita un satélite, o estudiaron las características que debería tener una nave espacial.

La Segunda Guerra Mundial, sin embargo, lo cambió todo. Estos esfuerzos dispersos llamaron la atención de los gobiernos y pronto los primeros grandes cohetes (como la V-2 alemana, en realidad el primer misil) empezaron a volar con fines militares. Ideales para enviar bombas atómicas a gran distancia, su desarrollo avanzó notablemente. Algunos serían tan potentes que podrían incluso enviar al espacio un satélite artificial.



## UNA MÁQUINA COMPLICADA

Si quisiésemos efectuar el despiece de un cohete, encontraríamos que está formado por un sistema de propulsión (los motores), los tanques donde se encuentra el combustible, el sistema de guiado y control y la cofia o carenado.

Un solo motor puede ser suficiente para impulsar un cohete, haciéndolo despegar y acelerar. Si es muy pesado o la velocidad final requerida es muy alta, puede resultar imposible construir un motor tan potente, de modo que los ingenieros agruparán varios de ellos en su base. Dichos motores se ocuparán de quemar el combustible y expulsar los gases calientes resultantes para desencadenar el efecto de acción/reacción que impulsará el vehículo hacia arriba.

El combustible se almacenará en tanques de gran volumen. En realidad, la mayor parte del peso de un cohete antes del despegue corresponde a dicho combustible, ya que los motores lo consumirán en grandes cantidades y durante bastante tiempo. Normalmente (hay motores sólidos y de otros tipos) el combustible será líquido y se quemará gracias a un oxidante (comburente), que viajará almacenado en un depósito separado. Una serie de conductos llevarán el combustible y el oxidante hasta los motores.

Un cerebro electrónico gobierna el funcionamiento del cohete. Este ordenador recibe datos procedentes de diversos dispositivos que le informan en cada momento de la velocidad y orientación del vehículo. El sistema de guiado es semejante al piloto de un avión, que sabe perfectamente cuál es la trayectoria que debe

seguir y que ordenará las correcciones oportunas para lograrlo. Para ello, puede inclinar los motores en una dirección determinada o apagarlos cuando se ha llegado a la velocidad prevista.

Habitualmente, el cohete informa de su estado enviando datos al centro de lanzamiento. Es la llamada telemetría, el flujo que proporcionará a los expertos los parámetros de funcionamiento del vehículo y su actuación.

En la cúspide del cohete suele encontrarse la carga. Un satélite es una máquina muy delicada, de modo que debe ser protegido a toda costa. Tras el lanzamiento, la velocidad creciente aumenta el rozamiento con el aire de la atmósfera. Para evitar que el satélite sea arrancado de su posición, el cohete dispone del carenado, una especie de capucha protectora que sólo se separará cuando la densidad atmosférica se reduzca hasta niveles seguros.

El cohete genérico que acabamos de describir constaría de una sola fase de impulsión, pero esto no tiene necesariamente que ser así. La mayoría de los cohetes espaciales tienen dos o más etapas; de hecho, el concepto multi-etapa es uno de los grandes inventos de la astronáutica, ya que ha hecho viables los viajes al espacio. En vez de arrastrar peso muerto durante el paulatino vaciado de unos grandes tanques de combustible, es mejor que éstos sean más pequeños y sean expulsados por el camino. Es como montar varios cohetes uno encima de otro, de tal manera que cuando uno agota su combustible se puede separar para reducir lastre. De esta forma, el siguiente accionará sus motores con una velocidad de

partida y una altitud ya considerables, y podrá tener un tamaño inferior.

## LANZADORES DEL MUNDO

Desde que la Unión Soviética modificó su primer misil intercontinental R-7 para el lanzamiento del Sputnik, han sido más de 150 los tipos y variantes de cohetes utilizados en la tarea de poner en órbita vehículos espaciales. Los ingenieros optaron inicialmente por realizar cambios en los misiles militares disponibles, añadiendo etapas superiores y otras mejoras. Más adelante, se desarrollaron cohetes especialmente diseñados para tareas orbitales y de espacio profundo.

Además, todos los países y agencias internacionales con deseos

de independencia en el ámbito de los lanzadores los han construido para sus fines. Ello ha supuesto una enorme diversidad de vehículos, algunos de los cuales han volado en centenares de ocasiones y otros ya han desaparecido del servicio. En función de su tamaño y potencia, serán utilizados para enviar al espacio cargas de muy diversa factura. Podemos destacar algunas familias famosas, como los rusos Soyuz y Protón, los norteamericanos Atlas, Delta, los Saturno lunares o el conocidísimo Transbordador Espacial (STS), los europeos Ariane y Vega, los chinos CZ (Larga Marcha), los PSLV y GSLV de la India, los H-2 japoneses, etc. Incluso España consideró durante algún tiempo un cohete llamado Capricornio. Toda una sopa de letras y números.

**ESPAÑA ES UNO DE LOS POCOS PAÍSES EUROPEOS QUE PARTICIPA EN TODOS LOS PROGRAMAS DE COHETES DE LA ESA**

**¿Sabías que...?**

Los cohetes se van desprendiendo de las etapas que ya no son útiles para aligerar su carga

FOTO: NASA

**¿Sabías que...?**

La sonda europea  
Rosetta se dirige  
a otros cuerpos  
del Sistema Solar

Foto: ESA

**LOS VEHÍCULOS  
ESPACIALES NO  
TRIPULADOS SON  
NUESTROS OJOS,  
MANOS Y OÍDOS  
EN EL ESPACIO**




# ¿qué es un vehículo espacial?

**E**l hombre inventó el submarino para moverse libremente bajo el agua de los océanos. Para viajar por el cosmos, un entorno todavía más hostil, hemos tenido que llevar aún más lejos nuestro ingenio. El resultado: la máquina que denominamos vehículo espacial.

Como su nombre sugiere, un vehículo espacial, tripulado o no, es capaz de desplazarse y operar en el espacio. Bajo esta definición acuden a nuestra mente, en primer lugar, los satélites artificiales, dotados de una función específica y situados alrededor de nuestro planeta, que siguen unas trayectorias ligadas a la gravedad terrestre que llamamos órbitas. Si el destino de nuestro vehículo no es el entorno de la Tierra, sino el de otros cuerpos del sistema solar y más allá, lo llamaremos sonda espacial. Las sondas suelen recorrer trayectorias gobernadas por la gravedad solar hasta que alcanzan su objetivo, por ejemplo la órbita de un cometa o un planeta.

Todo vehículo espacial, independientemente de su destino, tendrá una serie de equipos básicos indispensables para su funcionamiento. Naturalmente, los satélites modernos son muy distintos a los pioneros de finales de los años 50. La velocidad de los desarrollos tecnológicos es enorme: las capacidades aumentan, incrementando la vida útil del satélite o su potencial.

Un satélite típico es una plataforma sobre la que se ha montado una serie de instrumentos de utilidad diversa. Dicha plataforma se ocupará de proporcionar a su carga (la denominada carga útil) todos los servicios necesarios para mantenerla operativa, como por ejemplo comunicaciones, energía, estabilización, control térmico y propulsión. Todos los equipos estarán fabricados de manera que puedan funcionar en el entorno espacial, donde las variaciones de temperatura y la radiación podrían de otro modo estropearlos.



**¿Sabías que...?**

El Hubble ha sido visitado varias veces por astronautas para repararlo o instalar nuevos instrumentos

FOTO: NASA

EL TELESCOPIO ESPACIAL HUBBLE TIENE UN SISTEMA DE ORIENTACIÓN MUY PODEROSO PARA PODER APUNTAR HACIA SUS OBJETIVOS CON GRAN PRECISIÓN

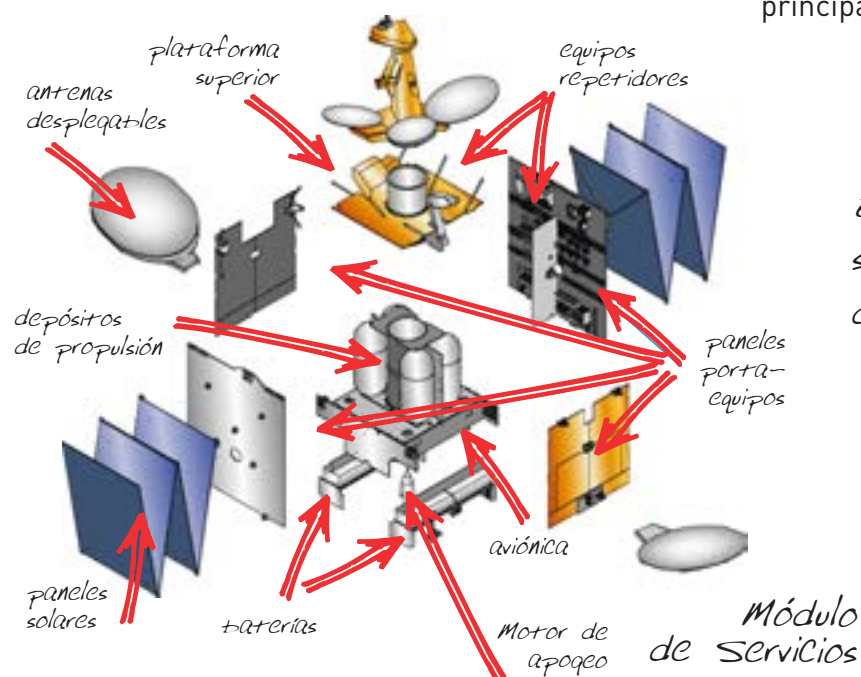
Si existe una aplicación exitosa del escenario espacial, esa es sin duda la de las telecomunicaciones. La arquitectura de un satélite de comunicaciones es por tanto un buen ejemplo de cómo es el interior de un ingenio espacial.

En primer lugar, deberemos distinguir entre carga útil y plataforma (o módulo de servicio). La carga útil es la que llevará a cabo la misión (los experimentos, las mediciones, etc.), mientras que la plataforma albergará la propia carga útil y cubrirá sus necesidades. Aunque hay satélites muy especializados, sus plataformas suelen parecerse en lo esencial, mientras que la configuración de la carga útil dependerá de la misión que vayan a realizar (observación astronómica, teledetección terrestre, comunicaciones, etc.).

Otro factor que hay que considerar es la estabilización. La mayoría de las veces es necesario que las cámaras apunten hacia un lugar, o que las antenas enfoquen su haz hacia una región de la superficie terrestre. Desde este punto de vista, podemos distinguir entre dos tipos principales de satélites, conforme a si están estabilizados por rotación alrededor de uno de sus ejes, o si lo están en sus tres ejes. Los primeros suelen ser cilíndricos. Como ocurre cuando hacemos girar una peonza, un satélite de este tipo mantiene fácilmente una determinada dirección de orientación. En cuanto al segundo caso, el satélite se mantendrá quieto respecto a un punto determinado para mantener la orientación deseada.

En la actualidad, una vez seleccionado el diseño del satélite, se encarga su construcción al contratista principal. Una red de subcontratistas será responsable de proveer los distintos subsistemas y equipos del satélite que serán integrados por el contratista principal. Cuando todos los equipos están listos, puede

### Módulo de Comunicaciones



Esquema simplificado de un satélite

procederse a la integración. La plataforma principal suele ser una estructura resistente a la que acoplar los módulos. Ha sido pensada no sólo como soporte físico sino también como estructura capaz de aguantar las fuerzas que se desencadenarán durante el lanzamiento. Entre los componentes que se montarán en este esqueleto, los principales son:

El sistema de propulsión: muchos satélites son colocados por el cohete en una órbita provisional que deben abandonar usando su propio motor para alcanzar la órbita definitiva. También incluyen un sistema secundario, equipado con una serie de diminutos motores de maniobra instalados en muy diversas direcciones, que se utilizará para correcciones de ruta u orientación.

Los sistemas de propulsión serían poco útiles si el satélite no supiera en cada momento hacia dónde está apuntando. Para esta tarea está disponible el sistema de control y orientación. Utiliza la información proporcionada por varios equipos y sensores para determinar su posición y calcular qué debe hacerse para corregirla. Por ejemplo, un receptor GPS puede indicar muy bien dónde está respecto a la Tierra. Además del sistema de propulsión auxiliar, los satélites disponen de formas más optimizadas para corregir su orientación. Recordemos qué ocurre cuando hacemos girar entre nuestras manos una rueda de bicicleta: si intentamos cambiar la orientación de su eje, encontraremos una gran resistencia debido al efecto giroscópico. De igual manera, los satélites tienen ruedas unidas a los ejes de su estructura. Su giro (gracias a motores eléctricos) puede mantener una determinada orientación sin gasto de combustible, o cambiarla de la misma forma.

Otro sistema imprescindible en un satélite es el suministro eléctrico. Se necesita electricidad para alimentar sus equipos, así como para que funcione la carga útil. Para ello se emplean células solares, que transforman la luz solar en un flujo eléctrico.

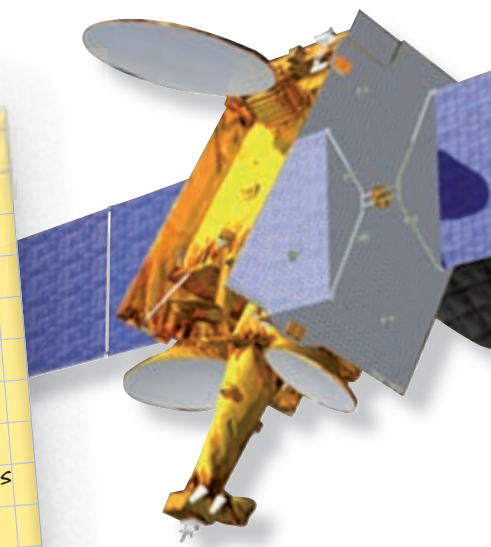
El sistema de control térmico es fundamental para un satélite. Las variaciones de temperatura o gradientes de temperatura son perjudiciales para los equipos y hay que mantener un equilibrio térmico.

Mientras, las comunicaciones garantizarán el contacto, en los dos sentidos, entre el satélite y la Tierra. El sistema de telemetría, seguimiento y telecomando enviará información a las estaciones terrestres para informar de cuál es el estado de sus equipos, y recibirá cualquier orden que deba llevar a cabo. También transmitirá los resultados de la carga científica. Para todo ello dispone de un sistema transmisor/receptor, trabajando en varias frecuencias, y las antenas adecuadas.

### ¿Sabías que...?

Los satélites de comunicaciones precisan de grandes paneles solares para alimentar sus sistemas

Foto: Hispasat



Frecuentemente se usan dispositivos de almacenamiento (grabadores o memorias), para guardar los datos que no puedan ser transmitidos inmediatamente.

Un satélite lleva a bordo un cerebro, un ordenador central, que interconecta todos los subsistemas y gobierna la nave. Entre sus programas se hallan algunos que pueden detectar anomalías, reconfigurar equipos y actuar para reducir en lo posible la pérdida de la misión.

La última sección fundamental de un vehículo espacial es la carga útil. En ella se instalará el verdadero motivo de la misión; desde el telescopio de una misión astronómica hasta los repetidores-amplificadores de un satélite de comunicaciones, que retransmitirán señales televisivas.

Se trata de cargas muy sofisticadas, que incluyen cámaras, sensores científicos y tantos otros dispositivos y experimentos. Algunas de ellas son tan importantes que deben ser recuperadas. En este caso, un satélite puede llevar a bordo una cápsula equipada para resistir el rozamiento atmosférico y el aterrizaje.

Los astronautas son sin duda una carga muy valiosa y, como se verá en otro apartado, una nave espacial tripulada añade un nivel de complejidad a los sistemas de un satélite convencional.



**LA TELEVISIÓN,  
LA TELEFONÍA MÓVIL  
O INTERNET  
NO SERÍAN LO MISMO  
SIN LOS SATÉLITES DE  
TELECOMUNICACIONES**



**¿Sabías que...?**

Rotledo de Chavella,  
en Madrid, es uno  
de los tres centros  
de la NASA  
pertenecientes  
a su red de antenas  
de espacio profundo  
en el mundo

Foto: PAISAJES ESPAÑOLES, S.A.

# ¿qué es el segmento terreno?

*EL SEGMENTO TERRENO  
NOS MANTIENE EN CONTACTO  
CON LOS SATÉLITES. LAS  
ESTACIONES SON NUESTRO  
ENLACE PARA ENVIARLES  
ÓRDENES Y RECIBIR  
SUS DATOS*



**D**urante los primeros años de la era espacial, no siempre era fácil determinar si un satélite había alcanzado la órbita deseada. Éste utilizaba un transmisor que enviaba una señal a la Tierra, la cual era detectada por una gran antena e interpretada por los expertos. Al mismo tiempo, si era necesario enviar alguna orden al satélite, la misma antena podía transmitirla hacia él. Hoy en día cuando se encarga un satélite, una buena parte del presupuesto queda destinado para el llamado segmento terreno que, entre otras labores, mantendrá el contacto con el vehículo durante toda su vida útil. Dado que existen miles de satélites en órbita, y que centenares siguen estando operativos, resulta claro que debe haber un gran número de estaciones terrestres dedicadas a la recepción y envío de datos.

En la práctica, todas las estaciones efectúan misiones similares. En primer lugar, tenemos el seguimiento. Es crucial conocer la posición en cada



LAUNCHER	DATE	LAUNCHER	MISSION	DATE	LAUNCHER	MISSION	DATE	LAUNCHER	MISSION
ARIAN 5	21 07 00	ARIAN 5	ARTEMIS	20 08 27	ARIAN 5	ARTEMIS	20 08 27	ARIAN 5	ARTEMIS
ARIAN 5	15 08 00	ARIAN 5	ARTEMIS	20 08 27	ARIAN 5	ARTEMIS	20 08 27	ARIAN 5	ARTEMIS
ARIAN 5	15 08 00	ARIAN 5	ARTEMIS	20 08 27	ARIAN 5	ARTEMIS	20 08 27	ARIAN 5	ARTEMIS
ARIAN 5	15 08 00	ARIAN 5	ARTEMIS	20 08 27	ARIAN 5	ARTEMIS	20 08 27	ARIAN 5	ARTEMIS
ARIAN 5	15 08 00	ARIAN 5	ARTEMIS	20 08 27	ARIAN 5	ARTEMIS	20 08 27	ARIAN 5	ARTEMIS
ARIAN 5	15 08 00	ARIAN 5	ARTEMIS	20 08 27	ARIAN 5	ARTEMIS	20 08 27	ARIAN 5	ARTEMIS
ARIAN 5	15 08 00	ARIAN 5	ARTEMIS	20 08 27	ARIAN 5	ARTEMIS	20 08 27	ARIAN 5	ARTEMIS
ARIAN 5	15 08 00	ARIAN 5	ARTEMIS	20 08 27	ARIAN 5	ARTEMIS	20 08 27	ARIAN 5	ARTEMIS
ARIAN 5	15 08 00	ARIAN 5	ARTEMIS	20 08 27	ARIAN 5	ARTEMIS	20 08 27	ARIAN 5	ARTEMIS

### ¿Sabías que...?

Después del lanzamiento de un satélite, el centro de operaciones se encarga de hacer el seguimiento de las misiones

Foto: ESA - J. Mai



momento del satélite en el espacio, para determinar su órbita. Se han utilizado para ello diversos métodos, como el fotográfico, los radares, el análisis de las señales de radio... Actualmente, los satélites pueden llevar un receptor GPS a bordo que, utilizando la red de navegación global, es capaz de calcular su posición para su transmisión directa a la Tierra. Las estaciones reciben asimismo la telemetría, el conjunto de datos que el satélite envía con información propia sobre su funcionamiento, o con los resultados de su carga útil.

Por último, las estaciones de recepción y control pueden estar dotadas con capacidad de transmisión de órdenes hacia el satélite. Básicamente, en un proceso inverso al de la telemetría, se codifica una señal que el vehículo interpretará como una serie de comandos que debe ejecutar su ordenador de a bordo. Entre las órdenes pueden encontrarse tareas sencillas, como borrar la memoria del satélite, o más complejas, como una auténtica lista de objetivos de observación.

Las grandes agencias espaciales disponen de redes de estaciones de seguimiento y control oportunamente repartidas a lo largo de la superficie de la Tierra, que garantizan un contacto directo con un determinado vehículo a cualquier hora del día.



Son conocidas grandes redes como Deep Space Network de la NASA, para el seguimiento de las sondas interplanetarias, y que tiene una de sus tres antenas en España (Robledo de Chavela, Madrid). La Agencia Espacial Europea dispone también de su propia red (European Deep Space Network), una de cuyas estaciones se halla en Cebreros (Ávila), y hay que citar asimismo las antenas españolas de Villafranca del Castillo (Madrid) y de Maspalomas (Gran Canaria).

Independientemente del contacto tierra-satélite, cualquier misión espacial dispone de instalaciones terrenas de apoyo. Se trata de centros en los que trabajan científicos, técnicos y otro personal, que se ocuparán de planificar, interpretar los resultados enviados por los vehículos, elaborar productos a partir de ellos, resolver problemas técnicos que surjan en órbita, etc.

Las instalaciones de seguimiento y control de satélites, así como de interpretación de datos, a pesar de que suelen ser las grandes olvidadas en los medios de comunicación, son tan importantes como los propios vehículos espaciales. Sin ellas ninguna misión sería posible.

Un paseo por  
el **espacio**

02

COMISIÓN  
**proespacio**  
de TEDAE





## ¿Sabías que...?

Al año se lanzan  
alrededor de 85  
cohetes. Rusia,  
Europa, EE.UU. y  
China son los países  
más activos

Foto: ESA/ONES AIRANESPACE  
Service Optique CSG

## 02

# ¿cómo funciona un motor cohete?

**E**ncendemos la mecha, nos apartamos rápidamente, contamos hasta tres y ¡fuego! ¿Quién no ha imaginado alguna vez su cohete de verbena ascendiendo sin parar y dirigiéndose finalmente hacia la Luna? Lo cierto es que no es tan diferente a un cohete espacial. Lo tiene casi todo: un aspecto aerodinámico para cruzar la atmósfera de forma estable y, sobre todo, un motor que actúa bajo los mismos principios que los grandes lanzadores que llevan satélites y astronautas al espacio. No es difícil suponer que, si nuestro cohete de feria fuera más grande, también llegaría más alto y más lejos, o podría llevar mayor carga con él.


En astronáutica, el motor que impulsa un cohete es la piedra angular sobre la que se



edifica cualquier misión espacial. Sin él, sin un sistema de propulsión, ningún objeto puede abandonar la Tierra porque sería incapaz de escapar de la gravedad que nos mantiene pegados al suelo. Y aún más sorprendente: las leyes físicas que respeta se enunciaron hace cientos de años.

## LAS LEYES DE NEWTON

Estamos acostumbrados a hablar de los cohetes y de sus motores como productos de la más moderna tecnología. Eso es cierto, pero también lo es que existen cohetes desde la Edad Media y que, si queremos aprovechar su potencia, es necesario saber cómo funcionan y qué rendimiento tienen. Por fortuna, buena



## ¿Sabías que...?

Durante el despegue,  
el Ariane 5 genera  
1.300 toneladas de  
empuje

Foto: Astrium

parte de ese complicado trabajo lo hizo por nosotros –en el siglo XVII– Isaac Newton, uno de los mayores genios científicos de la historia, quien enumeró tres leyes físicas fundamentales.

Gracias a él sabemos que el peso de una persona no sólo depende de la cantidad de materia de la que esté formado, sino también del lugar donde se encuentre: por ejemplo, un individuo de 60 Kg. pesaría apenas 10 Kg. si se hallase sobre la Luna, donde la fuerza de la gravedad es una sexta parte de la nuestra, o 0 Kg. si estuviese “en órbita” alrededor de la Tierra, o cayendo en el interior de un ascensor al que se le rompió el cable. Con Newton aprendimos que no es necesario mantener nuestro cohete en marcha para alcanzar un lejano destino. A diferencia de un automóvil, que debe mantener revolucionado su motor o de lo contrario se detendrá (el rozamiento con la carretera y con el aire lo frenan), una sonda en dirección a los planetas una vez que esté fuera de la atmósfera seguirá hacia ellos en cuanto haya alcanzado la velocidad “de crucero” y apagado sus motores.

Pero, sobre todo, Newton, con su tercera ley, nos enseña cuál es el principio de funcionamiento del motor cohete. Pensemos en un globo inflado y cerrado. El aire en su interior presiona contra sus paredes, sin que la esfera se mueva por ello. En cambio,


si abrimos su boca, el aire sale a gran velocidad y el globo reacciona moviéndose en dirección contraria. No necesitamos que el aire que emerge se apoye en nada para que el globo avance; el efecto acción/reacción es la clave. El aire sale (lo que podemos calificar como “acción”) y, al mismo tiempo, obliga a desplazarse al globo en dirección contraria (“reacción”). Este principio es válido incluso en el vacío del espacio, donde no hay atmósfera en la que apoyarse. Por eso los cohetes pueden funcionar en él. Mejor aún, nuestro globo se queda quieto cuando se desinfla, y eso ocurre muy pronto, pero un motor cohete es capaz de generar gases mientras le quede combustible y, por tanto, moverse y acelerar durante bastante tiempo.

**EL MOTOR  
COHETE  
ES EL CORAZÓN  
DEL VEHÍCULO**



## EL MOTOR COHETE QUÍMICO

En la práctica, el único objetivo de un motor cohete es “lanzar masa por la borda”. Imaginemos que nos hallamos sobre un barquito, en medio de un lago. Si llevamos piedras con nosotros y las lanzamos lejos, con fuerza, la embarcación se moverá un poco en la otra dirección sin necesidad de remar, antes de quedar de nuevo frenada por el rozamiento con el agua. En un cohete, hemos sustituido las

A photograph of a rocket launch at dusk. The rocket is ascending vertically, leaving a long, bright, orange and yellow trail of fire and a thick, dark plume of smoke. The sky is a deep blue with some light clouds. A bird is seen in flight on the left side of the frame. In the foreground, the silhouettes of launch pad service structures and a street lamp are visible.

## ¿Sabías que...?

El lanzador ligero Vega ha sido el último en incorporarse a la familia de lanzadores europeos. Aproximadamente el 7% de los componentes del lanzador se diseñan y fabrican en España

FOTO: ESA

piedras por combustible; ahora bien, ¿cómo arrojar éste a gran velocidad? Muy sencillo: quemándolo en la llamada cámara de combustión del motor, que es una especie de gran caldera donde se producirán los gases que saldrán por sí solos al exterior. Éste es, en esencia, el principio básico del motor cohete químico.

Lo llamamos cohete químico porque lo que ocurre en su interior es una reacción química. Pensemos en una chimenea donde echamos algunos troncos para calentarnos. La leña, que es el combustible, no sería capaz de quemarse si no hubiera oxígeno en la atmósfera. En el espacio no lo hay, así que en nuestro cohete tendremos que transportar tanto el combustible como el oxígeno (u otra sustancia que haga su papel). Los almacenaremos por separado, en sendos depósitos, y la compleja maquinaria del motor se ocupará de inyectarlos en las proporciones adecuadas en la citada cámara de combustión para que se produzca la reacción química buscada (los gases calientes que saldrán a gran velocidad).

¿Qué tipo de combustibles podemos utilizar? Uno muy habitual es el queroseno, un derivado del petróleo que se usa también en los aviones y que es líquido a temperatura ambiente. Para quemarlo, el oxígeno es ideal, pero como en su forma gaseosa ocupa

demasiado espacio, se convierte en líquido enfriándolo a temperaturas extremadamente bajas (-222 °C). Otro

combustible ampliamente utilizado es el hidrógeno, que también deberá ser licuado (-252 °C).

Una chispa eléctrica bastará para encender el queroseno o el hidrógeno en presencia de oxígeno y desencadenar lo que andamos buscando: ¡un motor en marcha! Si nos

fijamos en el extremo del motor, veremos que tiene aspecto de campana. Se trata de la tobera, un sistema que permite a los gases que salen alcanzar una velocidad aún mayor y que el motor funcione mejor. Orientando un poco esa tobera puede conseguirse incluso que el cohete cambie de dirección. Si queremos parar el motor, bastará con que cerremos el paso del combustible.

Aunque la propulsión química líquida es muy utilizada, no es la única. También existe la propulsión química sólida. Heredera de nuestro cohete de verbena, su versión espacial consiste en algo más que un cartucho de pólvora. Los

aceleradores laterales de la lanzadera espacial son de este tipo y, por lo tanto, resulta obvio que pueden ser gigantescos. Son sencillos de construir y, una vez encendidos, funcionarán hasta agotarse.

**EN EL MUNDO  
HAY ACTUALMENTE  
OPERATIVOS MÁS  
DE 20 LANZADORES  
DIFERENTES**







## ¿Sabías que...?

Los transbordadores espaciales de la NASA realizaron 135 vuelos entre 1981 y 2011

Foto: NASA

¿Cómo calificar la potencia de un motor cohete? Para ello usamos el término empuje, que se mide en unidades de fuerza o de peso. Por ejemplo, que un motor tenga un empuje de una tonelada implica que

es capaz de levantar del suelo una tonelada de peso. Como un cohete tiene un peso determinado, el motor o motores que utilice deben tener un empuje global superior a éste, o de lo contrario no se elevaría.



Ariane G Plus


Ariane G ECA

Ariane G ES

SOYUZ

VEGA

Los cohetes de la Agencia Espacial Europea que se lanzan desde el Puerto Espacial de la Guayana Francesa.



## ¿Sabías que...?

El puerto espacial europeo de la Guayana Francesa aprovecha la mayor velocidad de rotación de la Tierra en el Ecuador para ganar un impulso adicional de 1.650 km/h hacia el Este

Foto: ESA/Arianespace/OSG

# ¿cómo es un lanzamiento?

**E**l despegue de un cohete se efectúa generalmente desde un centro espacial. Es una tarea difícil, así que las instalaciones deben estar perfectamente equipadas. Precisaremos un edificio en el que montar los diversos elementos de nuestro lanzador, otro en el que preparar el satélite, un sistema para trasladar el vehículo y una rampa de despegue. Además, es necesaria una estación de control que gobierne el lanzamiento y que pueda intervenir en caso de problemas.

## CONTACTO Y EN MARCHA

Pongamos como ejemplo el conocido lanzador europeo Ariane-5, programa en el que han participado muchas empresas españolas desde su inicio. Este cohete, uno de los mayores del mundo, se fabrica en el Viejo Continente, pero se envía al espacio desde la base de Kourou, en la Guayana Francesa. Sus piezas tienen que llegar a través del océano hasta sus instalaciones, donde se prepararán para la partida. Durante lo que llamamos 'campaña de lanzamiento', se llevarán a cabo todos los pasos previos al despegue, como el montaje vertical del cohete en un edificio específico, la preparación de los satélites que se situarán en lo alto, el traslado del conjunto a la rampa de lanzamiento, etc.

Después se iniciará la cuenta atrás, durante la cual se revisarán por última vez todos los sistemas del cohete y de los satélites, se llenarán los tanques de combustible, se cargarán las baterías... Si aparece algún problema, ya sea en el vehículo, en los satélites o en las instalaciones terrenas, deberá ser detenida para su resolución.

El despegue es un acontecimiento de gran espectacularidad. Las conexiones con el cohete se cortan, los chorros de agua que protegerán la rampa del fuego y del ruido de los motores se activan y se inicia el ascenso. Éste será seguido desde un centro de control. El Ariane-5 dispone de la sala Júpiter, donde los técnicos verán en sus consolas hasta el último detalle del funcionamiento de la nave (la separación de las etapas, del carenado protector, la liberación de los satélites, la trayectoria...). Una compleja red de comunicaciones mantiene el contacto con el lanzador incluso cuando éste ya se ha perdido de vista.

Basta observar el lanzamiento de un Ariane 5 para darse cuenta de la ruta tan particular que sigue. Primero bastante recta y vertical, luego casi horizontal. Lo hace así para salir cuanto antes de la atmósfera, que frena su avance, y dedicarse exclusivamente



DURANTE EL  
LANZAMIENTO,  
LA PRIMERA ETAPA  
SE DESPRENDE  
Y CAE AL MAR

¿Sabías que...?

El Ariane 5 alcanza  
los 6.800 Km/hr en  
su primera fase a los  
2,2 minutos de vuelo

Foto: ESA/Arianespace

a aumentar la velocidad, el principal objetivo de todo lanzador espacial.

Dado que los cohetes van desprendiendo sus etapas conforme ascienden, un centro espacial debe estar situado lejos de regiones habitadas y con una zona libre frente a él lo bastante grande como para que los trozos del vehículo caigan sin peligro. Por eso, siempre que es posible, los centros se instalan junto al mar. Y cuanto más cerca del ecuador, mejor: el giro de nuestro planeta actúa como una honda, aportando un impulso suplementario a nuestro cohete.

Para aprovechar el giro planetario, las bases de lanzamiento se han situado en lugares estratégicos: la base de Kourou, desde la que se lanza el Ariane 5, se encuentra ubicada en la Guayana Francesa, muy cerca del ecuador. Otros sistemas tratan de encontrar una posición igual de buena mediante bases móviles: el Pegasus americano, por ejemplo, es lanzado desde un avión. Por su parte, el sistema Sea Launch consiste en una plataforma marina que es remolcada hasta la mejor posición.

## BASES DE LANZAMIENTO DEL MUNDO

El primer lanzamiento espacial de la historia (1957) se produjo desde Baikonur/Tyuratam, en lo que hoy en día es territorio de Kazajstán. El cosmódromo está gestionado por Rusia y desde él se han elevado más de un millar de misiones con éxito, entre ellas todos los vuelos tripulados de esta nación. Ya en territorio ruso

se encuentra Plesetsk, abierto en 1966, desde donde se lanzan vehículos militares y científicos.

Estados Unidos dispone asimismo de una red de centros, encabezada por Cabo Cañaveral, que inauguró la serie de satélites americanos en 1958. El polígono, en Florida, incluye el llamado Centro Espacial Kennedy, propiedad de la NASA, desde donde han despegado todos los transbordadores espaciales. También se usan la base aérea de Vandenberg, en California, y el centro que se encuentra en la isla de Wallops, en Virginia.

Francia creó una base de lanzamiento en la Guayana Francesa, que se convertiría luego en el centro de lanzamientos de la Agencia Espacial Europea (ESA), y sigue siendo el lugar desde el que parten actualmente los cohetes Ariane 5, Vega y Soyuz. Desde 1979, año en que se lanzó el primer Ariane 1, se han llevado a cabo más de 200 lanzamientos. Más de 60 de esos lanzamientos son de Ariane 5, el que se ha convertido en el lanzador comercial más fiable del mundo. Es un éxito europeo donde además participan en cada lanzamiento diversas empresas españolas con sofisticados equipos e ingeniería.

Japón dispone de dos bases de lanzamiento de igual importancia: Kagoshima y Tanegashima. Por su parte, China tiene tres centros operativos: Jiuquan, Xichang y Taiyuan, y está construyendo un cuarto. La India tiene sólo una base, llamada Satish Dhawan, en Sriharikota. Otro país con zona de despegue es Israel (Palmachim), e incluso Brasil, Irán y las dos Coreas han usado sus propias instalaciones para misiones espaciales domésticas.



## ¿Sabías que...?

A bordo de un carrusel podemos experimentar lo que significa ser un satélite orbitando

Foto: Goretorg U.

VENCER  
LA FUERZA DE LA  
GRAVEDAD ES EL  
PRIMER RETO DE  
CUALQUIER VEHÍCULO  
ESPACIAL



# ¿cómo nos movemos por el Espacio?

**C**uando un cohete apaga sus motores y libera su carga, ya no puede influir en sus movimientos. Ha colocado el satélite en su órbita alrededor de la Tierra, o en una ruta hacia la Luna o los planetas.

Pero, ¿qué es exactamente una órbita? Los científicos dicen que es un lugar en el que se equilibran las fuerzas.

## LA VELOCIDAD MÁGICA

Pensemos en un cubo con algo de agua, sujeto por nuestra mano, al que haremos girar a gran velocidad a nuestro alrededor, como un satélite. Si lo hacemos lo bastante rápido, aunque el cubo se mantenga vertical, el agua no caerá, puesto que la llamada fuerza centrífuga la mantendrá en su interior, en el fondo del recipiente. En esta especie de “órbita”, nuestro brazo interpretaría el papel de la gravedad. El agua no sale despedida porque el brazo (“la gravedad”) lo impide

y tampoco cae al suelo porque la fuerza centrífuga hace lo mismo. En otras palabras, hay un equilibrio de fuerzas. Naturalmente, si soltáramos el asa del cubo (si la “gravedad” dejara de tirar) este equilibrio se rompería y el recipiente saldría despedido, como ocurre en un lanzamiento de martillo olímpico. Algo que puede ocurrir también en el espacio: si aplicamos una velocidad suficiente a nuestro vehículo, ni siquiera la gravedad podrá impedir que se aleje para siempre.



Newton explicó hace varios siglos cómo es posible alcanzar una órbita determinada. Imaginemos un cañón de gran potencia que habremos instalado en la cima de la montaña más elevada, de manera que, tras ser disparado horizontalmente, el proyectil no encuentre obstáculos en su camino. La bala de cañón acabará cayendo al suelo, siguiendo una trayectoria curva, pero, ¿qué pasaría si el cañón fuera más potente y le impartiera una mayor velocidad? Pues que la bala llegaría más lejos. Hay que tener en cuenta ahora un aspecto definitivo: la Tierra no es una superficie plana, sino una esfera. Así, si el cañón fuera lo bastante potente, la curva descendente de la bala podría llegar a ser igual a la curvatura del planeta y, por tanto, jamás chocaría contra la superficie. ¡La bala estaría “en órbita”! Los físicos han calculado la velocidad mágica: el cañón (o un cohete) deberá proporcionar una velocidad de 8 km/s a un objeto para que éste alcance una órbita baja estable de unos 300 km de altitud, fuera de la atmósfera. Tardaría 90 minutos en recorrerla.

Hay órbitas más o menos cercanas a la Tierra. Cuanto más alejadas, menor será la influencia de la gravedad terrestre, así que inferior deberá ser la velocidad de giro para que un satélite pueda mantenerse en ellas. Un caso paradigmático es el de los satélites geoestacionarios, desde los cuales recibimos por ejemplo señales de televisión. Se encuentran a 36.000 km, y avanzan lentamente: tardan 24 horas en dar una vuelta completa, exactamente lo mismo que nuestro planeta, y por eso parecen suspendidos y quietos sobre nosotros.

Aunque una órbita se representa habitualmente como circular, en realidad es una elipse.

Las características de esta elipse las describió Kepler en sus tres leyes y de ellas se desprenden conclusiones interesantes, como que un planeta (o una sonda) se mueve más lentamente cuando se encuentra en el punto más alejado de su órbita respecto al Sol, y más rápido cuando está más cerca. Estas leyes pueden aplicarse directamente a los satélites artificiales si sustituimos el Sol por la Tierra. En este último caso, el punto más cercano de la órbita de un satélite se llama perigeo, y el más lejano, apogeo.

## PARA TODOS LOS GUSTOS

Otra característica crucial de una órbita es su inclinación respecto al ecuador terrestre. Hay satélites que giran pasando por encima de los polos, otros que lo hacen sobrevolando el ecuador y otros que se hallan en una situación intermedia. Lo más importante es que cada órbita tiene una función: por ejemplo, sobrevolar los polos (“órbita polar”), combinado con el propio giro de la Tierra, permite observar cualquier punto del planeta.

La altitud juega asimismo un papel esencial. Una órbita muy baja (entre 200 y 500 km) permitirá realizar observaciones muy “de cerca”, para por ejemplo la toma de fotografías de instalaciones, carreteras, etc. Un poco más arriba, a unos 800 km, encontraremos satélites meteorológicos y de recursos terrestres, que necesitan un campo de visión más amplio. Los satélites de navegación (GPS o Galileo), en cambio, prefieren órbitas intermedias (unos 20.000 km), y los de comunicaciones, la mencionada órbita geoestacionaria (a 36.000 km).

Hay otras órbitas y puntos especiales (Lagrange, Molniya...) que son explotados para diversas tareas. Lo cierto es que la Tierra está rodeada por miles de satélites y que la mayoría se agolpa en órbitas particulares.

Por último, si lo que queremos es abandonar para siempre la gravedad terrestre, para viajar a la Luna o a los planetas, tendremos que dejar la órbita de la Tierra y alcanzar la llamada velocidad de escape (unos 11 km/s).

## MANIOBRAS

Debido a la fricción atmosférica, que frena la velocidad de los satélites y los hace caer, será necesario que éstos estén equipados con sistemas que les permitan maniobrar y ajustar sus trayectorias. Para ello, utilizan pequeños motores que mantienen su orientación, su altitud, o consiguen cambiar de órbita.

Esta capacidad de maniobra resulta esencial si lo que queremos es que dos naves se encuentren y se unan (por ejemplo, durante una visita a la Estación Espacial Internacional) en una operación llamada "rendez-vous". Se trata de un procedimiento muy delicado: en la Tierra, para acercar un coche a otro basta con apretar el acelerador y después frenar.

**UN VEHÍCULO  
VOLANDO A 8 KM/S,  
A UNA ALTITUD DE  
300 KM, LOGRARÍA  
UNA ÓRBITA ESTABLE**



### ¿Sabías que...?

Newton explicó cómo es posible alcanzar una órbita determinada utilizando como ejemplo el disparo de un cañón

Foto: Archivo

Sin embargo, en el espacio alrededor del planeta, cambiar de velocidad significa cambiar de altitud, así que son necesarios ordenadores para calcular exactamente qué maniobra realizar para que, terminada ésta, nuestro objetivo esté precisamente al final de nuestro camino. De manera semejante, las sondas interplanetarias no son enviadas directamente hacia su destino, como podría serlo Marte. Como éste se mueve, hay que colocarlas en una ruta que permita cruzarse con él en el momento adecuado.



**¿Sabías que...?**

Al año se lanzan  
alrededor de 85  
cohetes. Rusia,  
Europa, EE.UU. y  
China son los países  
más activos

Foto: ESA/ONES AIRANESPACE  
Service Optique CSG

## 02

# ¿cómo funciona un motor cohete?

**E**ncendemos la mecha, nos apartamos rápidamente, contamos hasta tres y ¡fuego! ¿Quién no ha imaginado alguna vez su cohete de verbena ascendiendo sin parar y dirigiéndose finalmente hacia la Luna? Lo cierto es que no es tan diferente a un cohete espacial. Lo tiene casi todo: un aspecto aerodinámico para cruzar la atmósfera de forma estable y, sobre todo, un motor que actúa bajo los mismos principios que los grandes lanzadores que llevan satélites y astronautas al espacio. No es difícil suponer que, si nuestro cohete de feria fuera más grande, también llegaría más alto y más lejos, o podría llevar mayor carga con él.


En astronáutica, el motor que impulsa un cohete es la piedra angular sobre la que se



edifica cualquier misión espacial. Sin él, sin un sistema de propulsión, ningún objeto puede abandonar la Tierra porque sería incapaz de escapar de la gravedad que nos mantiene pegados al suelo. Y aún más sorprendente: las leyes físicas que respeta se enunciaron hace cientos de años.

## LAS LEYES DE NEWTON

Estamos acostumbrados a hablar de los cohetes y de sus motores como productos de la más moderna tecnología. Eso es cierto, pero también lo es que existen cohetes desde la Edad Media y que, si queremos aprovechar su potencia, es necesario saber cómo funcionan y qué rendimiento tienen. Por fortuna, buena



## ¿Sabías que...?

Durante el despegue,  
el Ariane 5 genera  
1.300 toneladas de  
empuje

Foto: Astrium

parte de ese complicado trabajo lo hizo por nosotros –en el siglo XVII– Isaac Newton, uno de los mayores genios científicos de la historia, quien enumeró tres leyes físicas fundamentales.

Gracias a él sabemos que el peso de una persona no sólo depende de la cantidad de materia de la que esté formado, sino también del lugar donde se encuentre: por ejemplo, un individuo de 60 Kg. pesaría apenas 10 Kg. si se hallase sobre la Luna, donde la fuerza de la gravedad es una sexta parte de la nuestra, o 0 Kg. estuviese “en órbita” alrededor de la Tierra, o cayese en el interior de un ascensor al que se le rompió el cable. Con Newton aprendimos que no es necesario mantener nuestro cohete en marcha para alcanzar un lejano destino. A diferencia de un automóvil, que debe mantener revolucionado su motor o de lo contrario se detendrá (el rozamiento con la carretera y con el aire lo frenan), una sonda en dirección a los planetas una vez que esté fuera de la atmósfera seguirá hacia ellos en cuanto haya alcanzado la velocidad “de crucero” y apagado sus motores.

Pero, sobre todo, Newton, con su tercera ley, nos enseña cuál es el principio de funcionamiento del motor cohete. Pensemos en un globo inflado y cerrado. El aire en su interior presiona contra sus paredes, sin que la esfera se mueva por ello. En cambio,


si abrimos su boca, el aire sale a gran velocidad y el globo reacciona moviéndose en dirección contraria. No necesitamos que el aire que emerge se apoye en nada para que el globo avance; el efecto acción/reacción es la clave. El aire sale (lo que podemos calificar como “acción”) y, al mismo tiempo, obliga a desplazarse al globo en dirección contraria (“reacción”). Este principio es válido incluso en el vacío del espacio, donde no hay atmósfera en la que apoyarse. Por eso los cohetes pueden funcionar en él. Mejor aún, nuestro globo se queda quieto cuando se desinfla, y eso ocurre muy pronto, pero un motor cohete es capaz de generar gases mientras le quede combustible y, por tanto, moverse y acelerar durante bastante tiempo.

**EL MOTOR  
COHETE  
ES EL CORAZÓN  
DEL VEHÍCULO**



## EL MOTOR COHETE QUÍMICO

En la práctica, el único objetivo de un motor cohete es “lanzar masa por la borda”. Imaginemos que nos hallamos sobre un barquito, en medio de un lago. Si llevamos piedras con nosotros y las lanzamos lejos, con fuerza, la embarcación se moverá un poco en la otra dirección sin necesidad de remar, antes de quedar de nuevo frenada por el rozamiento con el agua. En un cohete, hemos sustituido las

A photograph of a rocket launch at dusk. The rocket is ascending vertically, leaving a long, bright, orange and yellow plume of fire and a thick, dark trail of smoke. The sky is a deep blue with scattered white clouds. Two birds are visible in flight: one on the left side of the frame and another smaller one on the right. In the foreground, the top of a tall launch tower and a street lamp are visible against the darkening sky.

## ¿Sabías que...?

El lanzador ligero Vega ha sido el último en incorporarse a la familia de lanzadores europeos. Aproximadamente el 7% de los componentes del lanzador se diseñan y fabrican en España

FOTO: ESA

pedras por combustible; ahora bien, ¿cómo arrojar éste a gran velocidad? Muy sencillo: quemándolo en la llamada cámara de combustión del motor, que es una especie de gran caldera donde se producirán los gases que saldrán por sí solos al exterior. Éste es, en esencia, el principio básico del motor cohete químico.

Lo llamamos cohete químico porque lo que ocurre en su interior es una reacción química. Pensemos en una chimenea donde echamos algunos troncos para calentarnos. La leña, que es el combustible, no sería capaz de quemarse si no hubiera oxígeno en la atmósfera. En el espacio no lo hay, así que en nuestro cohete tendremos que transportar tanto el combustible como el oxígeno (u otra sustancia que haga su papel). Los almacenaremos por separado, en sendos depósitos, y la compleja maquinaria del motor se ocupará de inyectarlos en las proporciones adecuadas en la citada cámara de combustión para que se produzca la reacción química buscada (los gases calientes que saldrán a gran velocidad).

¿Qué tipo de combustibles podemos utilizar? Uno muy habitual es el queroseno, un derivado del petróleo que se usa también en los aviones y que es líquido a temperatura ambiente. Para quemarlo, el oxígeno es ideal, pero como en su forma gaseosa ocupa

demasiado espacio, se convierte en líquido enfriándolo a temperaturas extremadamente bajas (-222 °C). Otro

combustible ampliamente utilizado es el hidrógeno, que también deberá ser licuado (-252 °C).

Una chispa eléctrica bastará para encender el queroseno o el hidrógeno en presencia de oxígeno y desencadenar lo que andamos buscando: ¡un motor en marcha! Si nos

fijamos en el extremo del motor, veremos que tiene aspecto de campana. Se trata de la tobera, un sistema que permite a los gases que salen alcanzar una velocidad aún mayor y que el motor funcione mejor. Orientando un poco esa tobera puede conseguirse incluso que el cohete cambie de dirección. Si queremos parar el motor, bastará con que cerremos el paso del combustible.

Aunque la propulsión química líquida es muy utilizada, no es la única. También existe la propulsión química sólida. Heredera de nuestro cohete de verbena, su versión espacial consiste en algo más que un cartucho de pólvora. Los

aceleradores laterales de la lanzadera espacial son de este tipo y, por lo tanto, resulta obvio que pueden ser gigantescos. Son sencillos de construir y, una vez encendidos, funcionarán hasta agotarse.

**EN EL MUNDO  
HAY ACTUALMENTE  
OPERATIVOS MÁS  
DE 20 LANZADORES  
DIFERENTES**







## ¿Sabías que...?

Los transbordadores espaciales de la NASA realizaron 135 vuelos entre 1981 y 2011

Foto: NASA

¿Cómo calificar la potencia de un motor cohete? Para ello usamos el término empuje, que se mide en unidades de fuerza o de peso. Por ejemplo, que un motor tenga un empuje de una tonelada implica que

es capaz de levantar del suelo una tonelada de peso. Como un cohete tiene un peso determinado, el motor o motores que utilice deben tener un empuje global superior a éste, o de lo contrario no se elevaría.



Ariane G Plus


Ariane G ECA

Ariane G ES

SOYUZ

VEGA

Los cohetes de la Agencia Espacial Europea que se lanzan desde el Puerto Espacial de la Guayana Francesa.



## ¿Sabías que...?

El puerto espacial europeo de la Guayana Francesa aprovecha la mayor velocidad de rotación de la Tierra en el Ecuador para ganar un impulso adicional de 1.650 km/h hacia el Este

Foto: ESA/Arianespace/OSG

# ¿cómo es un lanzamiento?

**E**l despegue de un cohete se efectúa generalmente desde un centro espacial. Es una tarea difícil, así que las instalaciones deben estar perfectamente equipadas. Precisaremos un edificio en el que montar los diversos elementos de nuestro lanzador, otro en el que preparar el satélite, un sistema para trasladar el vehículo y una rampa de despegue. Además, es necesaria una estación de control que gobierne el lanzamiento y que pueda intervenir en caso de problemas.

## CONTACTO Y EN MARCHA

Pongamos como ejemplo el conocido lanzador europeo Ariane-5, programa en el que han participado muchas empresas españolas desde su inicio. Este cohete, uno de los mayores del mundo, se fabrica en el Viejo Continente, pero se envía al espacio desde la base de Kourou, en la Guayana Francesa. Sus piezas tienen que llegar a través del océano hasta sus instalaciones, donde se prepararán para la partida. Durante lo que llamamos 'campaña de lanzamiento', se llevarán a cabo todos los pasos previos al despegue, como el montaje vertical del cohete en un edificio específico, la preparación de los satélites que se situarán en lo alto, el traslado del conjunto a la rampa de lanzamiento, etc.

Después se iniciará la cuenta atrás, durante la cual se revisarán por última vez todos los sistemas del cohete y de los satélites, se llenarán los tanques de combustible, se cargarán las baterías... Si aparece algún problema, ya sea en el vehículo, en los satélites o en las instalaciones terrenas, deberá ser detenida para su resolución.

El despegue es un acontecimiento de gran espectacularidad. Las conexiones con el cohete se cortan, los chorros de agua que protegerán la rampa del fuego y del ruido de los motores se activan y se inicia el ascenso. Éste será seguido desde un centro de control. El Ariane-5 dispone de la sala Júpiter, donde los técnicos verán en sus consolas hasta el último detalle del funcionamiento de la nave (la separación de las etapas, del carenado protector, la liberación de los satélites, la trayectoria...). Una compleja red de comunicaciones mantiene el contacto con el lanzador incluso cuando éste ya se ha perdido de vista.

Basta observar el lanzamiento de un Ariane 5 para darse cuenta de la ruta tan particular que sigue. Primero bastante recta y vertical, luego casi horizontal. Lo hace así para salir cuanto antes de la atmósfera, que frena su avance, y dedicarse exclusivamente



DURANTE EL  
LANZAMIENTO,  
LA PRIMERA ETAPA  
SE DESPRENDE  
Y CAE AL MAR

¿Sabías que...?

El Ariane 5 alcanza  
los 6.800 Km/hr en  
su primera fase a los  
2,2 minutos de vuelo

Foto: ESA/Arianespace

a aumentar la velocidad, el principal objetivo de todo lanzador espacial.

Dado que los cohetes van desprendiendo sus etapas conforme ascienden, un centro espacial debe estar situado lejos de regiones habitadas y con una zona libre frente a él lo bastante grande como para que los trozos del vehículo caigan sin peligro. Por eso, siempre que es posible, los centros se instalan junto al mar. Y cuanto más cerca del ecuador, mejor: el giro de nuestro planeta actúa como una honda, aportando un impulso suplementario a nuestro cohete.

Para aprovechar el giro planetario, las bases de lanzamiento se han situado en lugares estratégicos: la base de Kourou, desde la que se lanza el Ariane 5, se encuentra ubicada en la Guayana Francesa, muy cerca del ecuador. Otros sistemas tratan de encontrar una posición igual de buena mediante bases móviles: el Pegasus americano, por ejemplo, es lanzado desde un avión. Por su parte, el sistema Sea Launch consiste en una plataforma marina que es remolcada hasta la mejor posición.

## BASES DE LANZAMIENTO DEL MUNDO

El primer lanzamiento espacial de la historia (1957) se produjo desde Baikonur/Tyuratam, en lo que hoy en día es territorio de Kazajstán. El cosmódromo está gestionado por Rusia y desde él se han elevado más de un millar de misiones con éxito, entre ellas todos los vuelos tripulados de esta nación. Ya en territorio ruso

se encuentra Plesetsk, abierto en 1966, desde donde se lanzan vehículos militares y científicos.

Estados Unidos dispone asimismo de una red de centros, encabezada por Cabo Cañaveral, que inauguró la serie de satélites americanos en 1958. El polígono, en Florida, incluye el llamado Centro Espacial Kennedy, propiedad de la NASA, desde donde han despegado todos los transbordadores espaciales. También se usan la base aérea de Vandenberg, en California, y el centro que se encuentra en la isla de Wallops, en Virginia.

Francia creó una base de lanzamiento en la Guayana Francesa, que se convertiría luego en el centro de lanzamientos de la Agencia Espacial Europea (ESA), y sigue siendo el lugar desde el que parten actualmente los cohetes Ariane 5, Vega y Soyuz. Desde 1979, año en que se lanzó el primer Ariane 1, se han llevado a cabo más de 200 lanzamientos. Más de 60 de esos lanzamientos son de Ariane 5, el que se ha convertido en el lanzador comercial más fiable del mundo. Es un éxito europeo donde además participan en cada lanzamiento diversas empresas españolas con sofisticados equipos e ingeniería.

Japón dispone de dos bases de lanzamiento de igual importancia: Kagoshima y Tanegashima. Por su parte, China tiene tres centros operativos: Jiuquan, Xichang y Taiyuan, y está construyendo un cuarto. La India tiene sólo una base, llamada Satish Dhawan, en Sriharikota. Otro país con zona de despegue es Israel (Palmachim), e incluso Brasil, Irán y las dos Coreas han usado sus propias instalaciones para misiones espaciales domésticas.



## ¿Sabías que...?

A bordo de un carrusel podemos experimentar lo que significa ser un satélite orbitando

Foto: Goretorg U.

VENCER  
LA FUERZA DE LA  
GRAVEDAD ES EL  
PRIMER RETO DE  
CUALQUIER VEHÍCULO  
ESPACIAL



# ¿cómo nos movemos por el Espacio?

**C**uando un cohete apaga sus motores y libera su carga, ya no puede influir en sus movimientos. Ha colocado el satélite en su órbita alrededor de la Tierra, o en una ruta hacia la Luna o los planetas.

Pero, ¿qué es exactamente una órbita? Los científicos dicen que es un lugar en el que se equilibran las fuerzas.

## LA VELOCIDAD MÁGICA

Pensemos en un cubo con algo de agua, sujeto por nuestra mano, al que haremos girar a gran velocidad a nuestro alrededor, como un satélite. Si lo hacemos lo bastante rápido, aunque el cubo se mantenga vertical, el agua no caerá, puesto que la llamada fuerza centrífuga la mantendrá en su interior, en el fondo del recipiente. En esta especie de “órbita”, nuestro brazo interpretaría el papel de la gravedad. El agua no sale despedida porque el brazo (“la gravedad”) lo impide

y tampoco cae al suelo porque la fuerza centrífuga hace lo mismo. En otras palabras, hay un equilibrio de fuerzas. Naturalmente, si soltáramos el asa del cubo (si la “gravedad” dejara de tirar) este equilibrio se rompería y el recipiente saldría despedido, como ocurre en un lanzamiento de martillo olímpico. Algo que puede ocurrir también en el espacio: si aplicamos una velocidad suficiente a nuestro vehículo, ni siquiera la gravedad podrá impedir que se aleje para siempre.



Newton explicó hace varios siglos cómo es posible alcanzar una órbita determinada. Imaginemos un cañón de gran potencia que habremos instalado en la cima de la montaña más elevada, de manera que, tras ser disparado horizontalmente, el proyectil no encuentre obstáculos en su camino. La bala de cañón acabará cayendo al suelo, siguiendo una trayectoria curva, pero, ¿qué pasaría si el cañón fuera más potente y le impartiera una mayor velocidad? Pues que la bala llegaría más lejos. Hay que tener en cuenta ahora un aspecto definitivo: la Tierra no es una superficie plana, sino una esfera. Así, si el cañón fuera lo bastante potente, la curva descendente de la bala podría llegar a ser igual a la curvatura del planeta y, por tanto, jamás chocaría contra la superficie. ¡La bala estaría “en órbita”! Los físicos han calculado la velocidad mágica: el cañón (o un cohete) deberá proporcionar una velocidad de 8 km/s a un objeto para que éste alcance una órbita baja estable de unos 300 km de altitud, fuera de la atmósfera. Tardaría 90 minutos en recorrerla.

Hay órbitas más o menos cercanas a la Tierra. Cuanto más alejadas, menor será la influencia de la gravedad terrestre, así que inferior deberá ser la velocidad de giro para que un satélite pueda mantenerse en ellas. Un caso paradigmático es el de los satélites geoestacionarios, desde los cuales recibimos por ejemplo señales de televisión. Se encuentran a 36.000 km, y avanzan lentamente: tardan 24 horas en dar una vuelta completa, exactamente lo mismo que nuestro planeta, y por eso parecen suspendidos y quietos sobre nosotros.

Aunque una órbita se representa habitualmente como circular, en realidad es una elipse.

Las características de esta elipse las describió Kepler en sus tres leyes y de ellas se desprenden conclusiones interesantes, como que un planeta (o una sonda) se mueve más lentamente cuando se encuentra en el punto más alejado de su órbita respecto al Sol, y más rápido cuando está más cerca. Estas leyes pueden aplicarse directamente a los satélites artificiales si sustituimos el Sol por la Tierra. En este último caso, el punto más cercano de la órbita de un satélite se llama perigeo, y el más lejano, apogeo.

## PARA TODOS LOS GUSTOS

Otra característica crucial de una órbita es su inclinación respecto al ecuador terrestre. Hay satélites que giran pasando por encima de los polos, otros que lo hacen sobrevolando el ecuador y otros que se hallan en una situación intermedia. Lo más importante es que cada órbita tiene una función: por ejemplo, sobrevolar los polos (“órbita polar”), combinado con el propio giro de la Tierra, permite observar cualquier punto del planeta.

La altitud juega asimismo un papel esencial. Una órbita muy baja (entre 200 y 500 km) permitirá realizar observaciones muy “de cerca”, para por ejemplo la toma de fotografías de instalaciones, carreteras, etc. Un poco más arriba, a unos 800 km, encontraremos satélites meteorológicos y de recursos terrestres, que necesitan un campo de visión más amplio. Los satélites de navegación (GPS o Galileo), en cambio, prefieren órbitas intermedias (unos 20.000 km), y los de comunicaciones, la mencionada órbita geoestacionaria (a 36.000 km).

Hay otras órbitas y puntos especiales (Lagrange, Molniya...) que son explotados para diversas tareas. Lo cierto es que la Tierra está rodeada por miles de satélites y que la mayoría se agolpa en órbitas particulares.

Por último, si lo que queremos es abandonar para siempre la gravedad terrestre, para viajar a la Luna o a los planetas, tendremos que dejar la órbita de la Tierra y alcanzar la llamada velocidad de escape (unos 11 km/s).

## MANIOBRAS

Debido a la fricción atmosférica, que frena la velocidad de los satélites y los hace caer, será necesario que éstos estén equipados con sistemas que les permitan maniobrar y ajustar sus trayectorias. Para ello, utilizan pequeños motores que mantienen su orientación, su altitud, o consiguen cambiar de órbita.

Esta capacidad de maniobra resulta esencial si lo que queremos es que dos naves se encuentren y se unan (por ejemplo, durante una visita a la Estación Espacial Internacional) en una operación llamada "rendez-vous". Se trata de un procedimiento muy delicado: en la Tierra, para acercar un coche a otro basta con apretar el acelerador y después frenar.

**UN VEHÍCULO  
VOLANDO A 8 KM/S,  
A UNA ALTITUD DE  
300 KM, LOGRARÍA  
UNA ÓRBITA ESTABLE**



**¿Sabías que...?**

Newton explicó cómo es posible alcanzar una órbita determinada utilizando como ejemplo el disparo de un cañón

Foto: Archivo

Sin embargo, en el espacio alrededor del planeta, cambiar de velocidad significa cambiar de altitud, así que son necesarios ordenadores para calcular exactamente qué maniobra realizar para que, terminada ésta, nuestro objetivo esté precisamente al final de nuestro camino. De manera semejante, las sondas interplanetarias no son enviadas directamente hacia su destino, como podría serlo Marte. Como éste se mueve, hay que colocarlas en una ruta que permita cruzarse con él en el momento adecuado.