

# LA EVOLUCIÓN DEL TRANSPORTE AL ESPACIO Y LA ERA POST LANZADERA<sup>1</sup>

VALERIANO CLAROS GUERRA  
*Académico Correspondiente en Madrid*

**D**e nuevo tengo el honor de dirigirme a esta docta Real Corporación y, deseo mostrarle mi más profundo agradecimiento por haberme invitado a pronunciar esta conferencia en la que voy a tratar de resumir la evolución del transporte al espacio. Es un tema que me ha seducido desde niño cuando leía a Flash Gordon, las obras de Julio Verne o las aventuras de Tintín de Hergé, lecturas que he rememorado en los XLIII episodios de los Aventureros del Espacio de la Revista ALGO que preciosamente encuadrados por él mismo, me ha hecho depositario el Excmo. Sr. D. José Gómez Sánchez, Académico de Número y Censor de esta Academia al que agradezco hoy, además, su amable presentación.

## 1. ANTECEDENTES

La temática de los cohetes y su uso para volar o transportar cosas, siempre ha sido un sueño de la Humanidad aunque en sus comienzos siempre se trató como ciencia ficción. Su técnica sólo se ha desarrollado en los últimos cien años pero sus fundamentos y aplicaciones empezaron mucho antes.

El descubrimiento del principio de la reacción, que constituye la clave para el transporte al espacio, es conocido y empleado desde hace al menos mil años en los cohetes desarrollados por los chinos (la leyenda dice que el primer intento de viajar al espacio lo llevó a cabo Wan Hu<sup>2</sup> en 1465 con un cohete que, incluso, tenía dos etapas, por lo que es considerado el primer astronauta de la historia).

Sin embargo, a pesar de que la formulación de la Tercera Ley de Newton, publicada en su *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica* en 1687, contenía todos los conceptos indispensables para la navegación espacial, no fue hasta finales del siglo XIX que las bases técnicas de los cohetes para el transporte al espacio fueron formuladas.

---

<sup>1</sup> Conferencia pronunciada el 23 de enero de 2013 en el Salón de Grados de la Facultad de Medicina de la Universidad de Cádiz.

<sup>2</sup> La leyenda fue descrita por el autor norteamericano Herbert S. Zim en su libro “Rockets and Jets” en 1945.

La invención del cohete estuvo ligada a la de la pólvora negra (salitre, carbón de madera y azufre), que los historiadores científicos atribuyen a los chinos, aunque con dudas, en el siglo X.

Desde entonces, los cohetes tuvieron múltiples aplicaciones, fundamentalmente como ingenios pirotécnicos de uso militar, como las incluidas en el Tratado chino sobre la *Tecnología del Armamento (Wubei Zhi)*<sup>3</sup> de 1621 que contienen fórmulas y procedimientos para la elaboración de la pólvora e ilustraciones relativas a la producción de cohetes y armas como arcos con flechas dotadas de cohetes.

Las aplicaciones militares de los cohetes también llegaron a occidente: en 1285, un historiador militar sirio llamado Al-Hassan al-Rammah escribe en su libro *Tratado del Arte de Combatir a Caballo y de las Máquinas de Guerra* (“Kitab al-Furusiya wal munasab al-harbiya) y en él detalla cómo obtener pólvora negra y aplicarla a lo que llamó “flechas chinas”.

En Alemania alrededor de 1405, Konrad Kyeser, en su libro *Bellifortis* describe una serie de máquinas de asedio que fueron populares durante el siglo XV, que incluye una rampa de lanzamiento para cohetes y un cañón de mano, entre otros elementos de guerra.

Giovanni da Fontana en su *Bellicorum Instrumentorum liber* en 1420 describió arietes movidos por cohetes, que la NASA, por su interés, ha reproducido para su Museo del Espacio.

Para terminar este repaso del uso de los cohetes hasta finales del siglo XIX, recordaré que, en 1807, la flota inglesa bombardeó Copenhague y destruyó tres cuartas partes de la ciudad, principalmente debido a los incendios producidos por el lanzamiento de cohetes incendiarios.

## **2. LOS PIONEROS DE LA COHETERÍA MODERNA Y DE LA ASTRONÁUTICA**

Ahora, me gustaría presentarles de manera breve a los pioneros de la cohetería moderna, y hacer un repaso de las vidas de algunos de los que se pueden considerar los primeros técnicos y experimentadores que sentaron las bases científicas de los cohetes para el transporte al espacio así como de la astronáutica:

---

<sup>3</sup> Editado en 1621 por Mao Yuanyi, está compuesto por 240 volúmenes, 10405 páginas y más de 200.000 caracteres chinos lo que hace que sea el libro chino más largo con relación a temas militares.

### **Konstantin Tsiolkovski (1857-1935)**

Sin duda, el primer visionario de la cohería moderna es Konstantin Tsiolkovski, pues fue el primero que preconizó que había que dejar de utilizar los propulsores sólidos (como la pólvora) y sustituirlos por ergoles<sup>4</sup> o propulsores líquidos también llamados propergoles que no necesitan el oxígeno de la atmósfera para funcionar y que son la base de los cohetes actuales. En su obra, *El espacio libre* de 1883, expuso la idea de utilizar el principio de la propulsión a reacción para los desplazamientos al espacio y, en otro titulado *La exploración del espacio cósmico con la ayuda de los ingenios a reacción*, incluyó un dibujo de un cohete con dos tanques, uno de oxígeno y otro de hidrógeno líquidos, y una cámara de combustión donde reaccionan y los gases resultantes que lo impulsan tal como hoy se utilizan.

Sus investigaciones sobre los cohetes, le condujeron a la resolución de problemas relativos al movimiento de los cuerpos de masa variable, al aterrizaje en cuerpos celestes y a la obtención de la primera velocidad cósmica que es la mínima se debe imprimir a un cuerpo para que entre en órbita circular alrededor de la Tierra, (7,9 km/s o 28.440 k/h) y de la segunda velocidad cósmica o velocidad de escape que es la mínima que se debe imprimírsele para que abandone la órbita de la Tierra, (11,2 km/s o 40.320 km/h).

Su lapidaria frase en 1911 “La Tierra es la cuna de la humanidad pero no se puede vivir en la cuna para siempre” empezó a cumplirse en 1969 con la llegada del hombre a la Luna.

### **Robert Huttchings Goddard (1882-1955)**

El siguiente pionero al que me voy a referir es Robert Goddard nacido en 1882<sup>5</sup> en Worcester, Massachusetts quien, al contrario que Tsiolkovski y otros pioneros teóricos de la cohería moderna que nunca construyeron cohetes, llevó la teoría a la práctica y se le puede considerar como el padre de los modernos cohetes.

A pesar de que sus estudios ejercieron una gran influencia en la evolución de los cohetes y en la astronáutica, no fue muy conocido por el gran público y sólo después de su muerte en 1955 se reveló su genio al país y al mundo. Efectuó los

---

<sup>4</sup> Del griego *ergon*, trabajo, y del latín *oleum*, aceite.

<sup>5</sup> Se diplomó en la Polytechnic Institute de Worcester en 1908 y obtuvo el doctorado en Física en la Clark University de la misma ciudad en 1911 en donde fue profesor. El 16 de marzo de 1926, en la granja de su tía, cerca de Worcester, probó el primer cohete de propergol líquido y partir de esa fecha con la ayuda del Smithsonian Institute y de la Armada americana, construyó diferentes tipos de cohetes incluidos los que ya utilizaban turbo bombas.

trabajos con propergoles en Camps Devens y en Roswell donde consiguió que un cohete alcanzara la velocidad supersónica de 1.130 Km/h y fabricó elementos fundamentales para los cohetes modernos como las turbo-bombas.

### **Herman Oberth (1894-1979)**

Herman Oberth, nacido en 1884 en Transilvania, que por entonces formaba parte del imperio astro-húngaro, que estudió física en Klausenburg, Múnich, Gotinga, y Heidelberg fue otro gran pionero teórico pues se dedicó a las investigaciones fundamentales sobre los cohetes y la navegación en el espacio.

En 1922, sometió a la Universidad de Heidelberg un proyecto de tesis denominado *El cohete hacia los espacios siderales*, que fue rechazada por inverosímil, en la que demostraba la posibilidad de vuelos espaciales basándose en rigurosos datos científicos. Al año siguiente, lo publicó como libro dando así a la astronáutica la primera obra que trata de esa cuestión.

Entre 1924 y 1938, Oberth fue profesor de matemáticas en Transilvania y estuvo en contacto con todos los pioneros de la coherería de la época. Después trabajó en las Universidades de Viena y Dresde y desde allí se trasladó a Peenemünde, centro nazi de construcción de cohetes, donde, aunque no participó en el desarrollo del misil Agregat 4 (es decir la V2), sus estudios teóricos fueron fundamentales para su construcción.

La contribución de Oberth a la astronáutica es inmensa, pues estableció las relaciones físico-matemáticas que hay entre el consumo de propergoles, la velocidad de eyección de los gases, la acción de la gravedad en la fase ascensional, la duración del vuelo propulsado, etc. con lo que la astronáutica nace en gran parte con su obra que tuvo una enorme influencia en la generación de ingenieros jóvenes de la época.

### **Robert Esnault-Pelterie (1881-1957)**

Otro personaje fundamental en el desarrollo de la teoría de los cohetes modernos fue Robert Esnault-Pelterie que nació en París en 1881 y está entre los precursores de la conquista del espacio siendo, además, el único que también se distinguió por su contribución al desarrollo de la aeronáutica.

Sus trabajos para el progreso de los cohetes fue inferior a las de Goddard u Oberth pero su actuación a favor de la astronáutica fue muy importante especialmente por su difusión en conferencias, como la que dictó en la Asociación Interplanetaria Americana (American Interplanetary Society) de Nueva York en 1931 titulada "*A la Luna con un cohete*", en la que presentó la ecuación para calcular la energía requerida para alcanzar la Luna y otros planetas.

Fue un estudioso de la propulsión espacial y en su obra “L’Astronautique”, demostró las variaciones de la velocidad de eyección de los gases de un motor-cohete que funciona con oxígeno e hidrógeno en función de la composición de la mezcla inyectada así como para los diferentes valores de presión en la cámara de combustión.

### **Serguei Pavlovich Korolev (1907–1966)**

La gran figura soviética de los cohetes, fue Serguei Korolev, nacido en 1907 en Jotomir, Ucrania y su contribución al desarrollo de la astronáutica es también colosal. Estudió en el Instituto de Kiev y después en la Escuela Técnica de Moscú donde obtuvo el diploma de ingeniero en construcción aeronáutica en 1929.

A partir de 1932, dirigió el Grupo de Moscú para el estudio de la propulsión a reacción. Este Grupo realizó el primer lanzamiento de un cohete de combustible líquido de agosto de 1933, y al año siguiente, Korolev publicó el libro *Vuelo en cohete a la estratosfera*.

Las purgas estalinistas llevaron a Korolev a un gulag siberiano, del que sobrevivió milagrosamente y de cuya estancia sufriría grandes secuelas el resto de su vida. Posteriormente sería trasladado a una cárcel de intelectuales y científicos, en la que fue encargado de la realización de trabajos para la dirección del partido comunista soviético, especialmente, al perfeccionamiento de aviones militares, y, a partir de 1946, es el encargado de dirigir los trabajos sobre cohetes balísticos de largo alcance, que permitió en 1957 lanzar el primer cohete de dos fases.

Pero sus sueños más queridos fueron los vuelos tripulados al espacio, cuya preparación comenzó con el lanzamiento de animales a la órbita terrestre como la perra Laika, primera viajera al Cosmos, que permitieron resolver preguntas sobre biología en el espacio y culminó con el lanzamiento del primer hombre, Yuri Gagarin, el 12 abril de 1961.

Su prematura muerte en 1966, probablemente, impidió que la URSS ganase la carrera de la llegada del hombre a la Luna.

### **Wernher von Braun (1912-1977)**

El gran actor de los vuelos al espacio en Estados Unidos fue el alemán Wernher von Braun, nacido en 1912 en Wirsitz, en la provincia prusiana de Posnania (hoy Polonia), que muy joven destacó por su interés por la ciencia y la música. Estudió en el Liceo francés de Berlín donde no destacó ni en física ni en matemáticas y donde obtuvo su diploma en 1929. En 1930, ingresó en la Universidad Técnica de Charlottenburg al mismo tiempo que obtuvo una beca en una fábrica

de locomotoras. Se apasionó por los viajes al espacio y por los cohetes después de un encuentro con Oberth y leer las hazañas de Max Valier, el célebre piloto austriaco de coches propulsados por cohetes y se hizo miembro de la “Sociedad para los vuelos espaciales” (VfR, Verein für Raumschiffart).

Tras doctorarse la Universidad de Friedrichs-Wielhelms escribiendo una tesis sobre el estudio teórico práctico de los motores-cohetes de propergol, en 1932 firmó un contrato con el Ejército alemán para la puesta a punto de cohetes.

Con antiguos colegas de la VfR, especialmente con el Capitán Walter Dornberger, forma su primer equipo y desde la isla de Borkum en el Mar Báltico prueban su primer cohete, que después de algún fallo, se convirtió en el Agregat (A2). Por razones de seguridad el grupo se traslada a Peenemünde en la isla de Usedom, también en el Báltico. Aquí prueban varios tipos de proyectiles de crucero con cohetes desde la A1 hasta llegar a A4, que podía transportar una carga militar de una tonelada a 360 Km.

Siendo la guerra ya inminente, después de una visita de Hitler en 1939, se deciden a construir, sin muchos ensayos, los célebres proyectiles de crucero con cohetes V-1 y V-2, con los que se bombardeó Londres. El equipo de von Braun, era en ese momento de 1.900 científicos y más de 3.000 empleados.

A pesar de esto éxitos, curiosamente, la Gestapo detuvo a von Braun en 1944 por el delito de ensalzar a los cohetes alemanes no para ganar la guerra, sino para hacer viajes espaciales.

### **Emilio Herrera Linares (1879-1967)**

Tras hablar de Oberth, von Braun y Esnault-Pelterie, no puedo olvidarme y de rendir mi humilde homenaje al español Emilio Herrera Linares, nacido en Granada en 1879, ingeniero y militar español, que destacó como aviador y científico. Herrera también fue también miembro de la “Sociedad para los vuelos espaciales” en Alemania y en 1946, tenía elaborado un proyecto para realizar un vuelo tripulado en una de las naves V2 que habían sido trasladadas a Francia. Cuando Oberth publicó su mencionada obra “El cohete en el espacio interplanetario” en 1923 en la que se estudiaban los vuelos de cohetes a gran altura, los viajes a la luna, los efectos de la ingravidez, los combustibles líquidos y las órbitas de transferencia, consideró como aportaciones muy importantes las ideas que Herrera había propuesto en su “Conferencia sobre astronáutica” en 1913 en Madrid<sup>6</sup>. Esnault-Pelterie también tuvo una gran amistad con Herrera a quien consideró el inventor del traje espacial pues diseñó una escafandra para su traje

---

<sup>6</sup> Ciencia Astronáutica Emilio Herrera; Edición de Emilio Atienza; Fundación AENA 2009

estratosférico y un globo para ascender a la estratosfera y que, lamentablemente, fueron destruidos al comienzo de Guerra Civil española. Su exilio, durante el cual fue Presidente del Gobierno de la República, truncó su carrera científica en España pero su contribución a la aeronáutica y la astronáutica son muy notables.

### **3. LA EVOLUCIÓN DE LOS PRIMEROS COHETES ESPACIALES (1947-1957)**

A la finalización de la Segunda Guerra Mundial, la evolución de los cohetes espaciales experimentó un gran avance pues los aliados se repartieron el botín de los cohetes que había desarrollado Alemania: los Estados Unidos trasladaron por barco numerosos cohetes todavía en construcción y además se llevaron a Fort Bliss (cerca de El Paso, Texas) los archivos de Peenemünde, a von Braun, a Dornberger y a más de 120 ingenieros, los mejores del equipo, tras ser liberados.

Francia, como he dicho, también trasladó a su suelo algunas V2 y unos cuarenta ingenieros que estaban en la producción. La Unión Soviética, por su parte, se llevó a unos doscientos especialistas alemanes con la misión concreta de concebir un cohete capaz de transportar una carga explosiva de 3 toneladas a 3.000 km de distancia.

Desde esa fecha, aunque muchos de los desarrollos en la Unión Soviética no fueron conocidos hasta la caída del muro de Berlín, la evolución de los cohetes entre 1947 y 1957 puede resumirse de la siguiente manera:

En el campo americano, el primer cohete lanzado por Estados Unidos en 1947 fue una V2 traída de Alemania y por su parte las Fuerzas Aéreas habían desarrollado un misil balístico intercontinental, el MX-774, que dio origen al lanzador Atlas. También la Armada, en 1949, construyó el cohete Viking propulsado por oxígeno líquido y alcohol, parte de cuyos componentes sirvieron para el desarrollo del cohete Júpiter-C.

En 1950, el equipo de von Braun comenzó los trabajos para construir una V2 americana de los que resultó el cohete Redstone y, en 1956, se probó una versión experimental del cohete Júpiter C, propulsado por oxígeno líquido e hidracina, que es muy contaminante, por lo que ahora sólo se usa para propulsar los satélites en órbita.

Al mismo tiempo, la Armada, las Fuerzas Aéreas y el Ejército americanos compiten en el desarrollo de misiles de uso militar como los Júpiter, Thor, Titán I y II, Snark, Navaho, Polaris, Atlas y Minuteman, que fueron nombres familiares durante la guerra fría pues podían ser portadores de bombas nucleares. Sin embargo, en hasta 1955 no empieza verdaderamente la carrera del espacio cuando

Estados Unidos decide oficialmente el lanzamiento de satélites artificiales. La increíble noticia de que los soviéticos habían lanzado el 4 de octubre de 1957 el Sputnik-1 hace que la carrera de la construcción de cohetes espaciales modernos se acelere ese momento. El honor de América fue en parte recuperado porque en marzo de 1958, los norteamericanos consiguieron lanzar el primer satélite americano, el Explorer-1 como respuesta al Sputnik-1 soviético con un cohete Júpiter-C.

Mientras tanto, los soviéticos que, desde 1946 proyectaban ya el estudio de cohetes para naves tripuladas, pusieron a Korolev a construir los lanzadores necesarios.

En 1948, construyeron el cohete R1 propulsado por oxígeno líquido y queroseno que evolucionó a R5 con un alcance de 1500 km. Ese mismo año, Korolev se fija como objetivo un cohete de dos fases, llamado R7 o Zemiorka. Se efectuaron dos pruebas experimentales con éxito lo que hizo que Unión Soviética se convirtiese en la primera nación que dispuso de un misil intercontinental. Ello les permitió, como he mencionado, además poner en órbita el Sputnik-1, demostrar que ¡la URSS había tomado la delantera a Estados Unidos!

En Europa, sólo Francia entre 1945-1957, pues Gran Bretaña no comienza las investigaciones de la alta atmósfera hasta 1957, tiene una actividad en materia de cohetes al principio para el despegue de aviones y más tarde para realizar ingenios balísticos, basados en las V2, pero sólo al regreso del General De Gaulle en 1958, se pone en marcha un cohete sonda, el Veronique, que le permitió ocupar el puesto de tercera potencia espacial en 1965. Al Veronique le siguieron el Topaze, el Saphir y el Émeraude que llevó a la construcción de primer cohete capaz de poner un satélite en órbita, el Diamant<sup>7</sup>.

El reino Unido, por su parte, desarrolló también cohetes balísticos como el Black Knight y el Black Arrow.

En Japón, el Instituto de Ciencias Industriales de la Universidad de Tokio, sólo inició los estudios sobre cohetes en 1955.

---

<sup>7</sup> Francia, tras las pruebas del cohete Veronique, desarrolló en 1964 el cohete Émeraude de 18 metros de altura y una masa en el despegue de 18 toneladas que constaba de una primera fase propulsora de ácido nítrico y trementina y una segunda que simulaba un cohete de pólvora, el Topaze. Este cohete sirvió para poner a punto la primera fase con ergoles líquidos y estudiar la separación de las fases. Le siguió el cohete Saphir que era un Émeraude con un Topaze como segunda fase y en él se verificó el buen funcionamiento de la separación en vuelo, y el guiado y pilotaje así como estudiar la reentrada en la atmósfera. Diamant fue poco después el primer lanzador francés y era el resultado de ensamblar al Saphir una tercera fase con un propulsor de pólvora.



Misil Balístico Intercontinental R-7 Zemiorka

Para Europa fue un hito el que, en 1962, seis países europeos (Bélgica, Italia, Francia, Países Bajos, Reino Unido y República Federal de Alemania), junto a Australia, firmaron la Convención de ELDO<sup>8</sup> (Organización Europea para el Desarrollo de Lanzadores) que fabricó los primeros cohetes denominados EUROPA, y que se creara la Organización Europea para el Desarrollo de Satélites Científicos (ESRO), de la que formaba parte España. Ambas organizaciones se fusionaron en 1975 para crear la Agencia Europea del Espacio (ESA).

---

<sup>8</sup> ELDO (European Launches and Development Organization) construyó diez cohetes llamados *Europa*: cada etapa fue desarrollada por un país diferente: la primera etapa consistía en realidad en el cuerpo de un misil británico Blue Streak (derivado del Black Night), cuya segunda etapa, llamada Coralie, era francesa y la tercera, Astris, era alemana. La cofia fue desarrollada por Italia y Bélgica y Holanda que se encargaron de los sistemas de seguimiento. Australia (el único socio no europeo) se unió al proyecto en calidad de albergadora de las instalaciones de lanzamiento de Woomera. Se hicieron nueve intentos de alcanzar órbita pero fracasaron debido a fallos en la segunda y tercera etapas. La última unidad del Europa, que fue dejada en Woomera, fue lanzada por Australia y puso en órbita un pequeño satélite. El proyecto fue cancelado tras el abandono de los socios británicos, dando paso al desarrollo de la familia de cohetes Ariane.

De la comunidad Iberoamericana sólo España, Brasil, México han tenido un programa de cohetes con distinto recorrido, pues como veremos sólo Brasil continúa con el suyo y Argentina acaba de empezarlo:

1) España, a través Instituto Nacional de Técnica Aeronáutica, INTA, empezó en 1945 la construcción de cohetes de los que apenas si existe documentación técnica<sup>9</sup>.

Más tarde INTA lanzaría cohetes fabricados el Reino Unido (Bristol Aerojet y RPE Wescot) de la serie Skúa<sup>10</sup> que era capaz de lanzar cargas de 5 kg a 70 km de altura.

Después desarrolló sus propios cohetes para el sondeo<sup>11</sup> estratosférico en preparación de un lanzador nacional, el Capricornio, que finalmente fue abandonado pues se decidió lanzar los satélites españoles en cohetes contratados, como el INTASAT que fue lanzado en un cohete Delta de la NASA en 1974.

2) En México, la Universidad Autónoma de Potosí lanzó en 1957 el primer cohete mexicano de 8 kilos de peso, 1,70 metros de largo y que se elevó a 2.500 metros. Más tarde se hicieron algunas experiencias privadas hasta que en 1962, el presidente Adolfo López Mateos creó la Comisión Nacional del Espacio Exterior (CNEE) que tuvo poco recorrido pues tras lanzar algunos cohetes de sondeo estratosférico, fue disuelta en 1977 por el presidente José López Portillo por haber decidido comprar tecnología extranjera.

3) Brasil tuvo más interés en el desarrollo de los cohetes espaciales y en 1960 el presidente Janio Quadros estableció una comisión para la elaboración de un programa nacional de exploración espacial en Brasil, que a partir de 1964 ha construido una serie de cohetes de prospección atmosférica denominados Sonda que se lanzaban desde la Base de la Barrera del Infierno cerca de Natal, capital del Estado de Rio Grande do Norte. En 1979, el gobierno federal del Brasil aprobó un proyecto de construcción de otro centro denominado Alcántara en el estado de Maranhão que se finalizó en 1987 donde se han continuado estas actividades.

---

<sup>9</sup> P-1, P-2, P-2b, INTA S-1 e INTA S-2, Se conoce que los cohetes fueron montados inicialmente en un viejo biplano Fiat CR-32 con el que se realizaron apenas medio millar de lanzamientos en la segunda mitad de la década de los cuarenta y primeros años cincuenta. Utilizaba tres pequeños cohetes aceleradores que ardían durante 0,2 segundos para elevar la etapa principal, que luego permanecía en ignición durante 30 segundos. La carga útil descendía en un paracaídas reflectante al radar, lo que permitía medir desde tierra la intensidad y dirección de los vientos superiores.

<sup>10</sup> De El Arenosillo Cedeja; Mariano Vázquez Velasco, INTA, Pag. 15

<sup>11</sup> INTA, 255, INTA -100 e INTA-300

4) Argentina, desde la creación de la Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE) en 1991, ha construido satélites, fundamentalmente de comunicaciones, que han sido enviados al espacio por cohetes contratados con NASA o con Arianespace, y sólo el 13 de Octubre de 2011, ha firmado un convenio nacional para construir en la localidad bonaerense de Punta Indio, el cohete-lanzador de satélites Tronador II.

#### **4. LA PRIMERA EDAD DE ORO DEL TRANSPORTE AL ESPACIO (1957- 1969)**

Los grandes impulsos para llegar a la Primera edad de oro del transporte al espacio, fueron primero, la creación, en 1957, por el Comité Científico Presidencial de Estados Unidos para coordinar las investigaciones y las producciones de cohetes de los tres ejércitos americanos y, segundo, el más importante, la creación por el Presidente Eisenhower de una Agencia Espacial, la NASA, para dirigir y coordinar las actividades espaciales de EEUU.

Para ello, se puso a punto un lanzador civil, el Scout, y se desarrolló la fase Centauro de oxígeno e hidrógeno líquidos, logrando los lanzadores más potentes capaces de colocar en órbita terrestre satélites telecomunicaciones, de investigación y naturalmente enviar naves de exploración a la Luna.

Durante el periodo 1960-1965, asistimos a todos los grandes programas de la Unión Soviética y de Estados Unidos:

La URSS lanzó las sondas Luna-3 que orbitó por primera vez la Luna, las Venera, 1 y 2 que se acercaron a Venus antes de entrar en órbita solar y la Venera 3, que llegó a la superficie de Venus donde quedó aplastada por la inmensa presión atmosférica existente el planeta, hecho que no fue entendido por los científicos soviéticos hasta varios decenios más tarde cuando se enviaron otras sondas.

A partir de 1962 la URSS utiliza un nuevo cohete Vostok de dos fases que lanzaron al espacio de los satélites de la serie Cosmos y de los primeros vuelos tripulados.

Los americanos lanzaron dos sondas espaciales Pioneer al sistema solar, y pusieron en órbita terrestre, 39 satélites.

La gran sorpresa llega el 12 de abril de 1961 cuando la URSS lanzó al espacio al cosmonauta Yuri Gagarin que inauguró la segunda fase de la actividad espacial: los vuelos tripulados.

A este segundo desafío soviético respondieron los Estados Unidos un mes más tarde con el lanzamiento de un cohete Atlas, llevando al astronauta Allan

Shepard en un modesto vuelo orbital de 15 minutos la cápsula Mercury. El primer americano que estuvo en la órbita terrestre fue John Glenn en una cápsula similar llamada Amistad (Friendship), en febrero de 1962.

El tercer gran impulso de la evolución de los cohetes y vuelos tripulados espaciales, fue dado en mayo de 1961 por el Presidente Kennedy –cuyo quincuagésimo aniversario de su muerte conmemoraremos este año– cuando anunció el Programa Apolo para “hacer aterrizar un hombre en la Luna y hacerlo volver sano y salvo”.

Hasta 1969, las dos superpotencias continuaron la lucha por las primicias espaciales tanto en los vuelos tripulados como no tripulados: los cohetes Vostoks soviéticos transportaron satélites y cosmonautas al espacio, como Valentina Teleshkova, la primera mujer cosmonauta, y a Aleksev Leonov, que hizo el primer paseo espacial de un hombre.



Cohete Saturno V

Los americanos, con su cohete Redstone, hicieron lo propio con las cápsulas Mercury y Gémini para lanzar astronautas y satélites de telecomunicaciones y científicos.

Pero, lo que probablemente dio el mayor impulso a la evolución de los cohetes en esta época fue la carrera espacial a la Luna pues para cumplir el objetivo, la NASA decidió fabricar el nuevo cohete Saturno. Para los vuelos tripulados a la órbita terrestre se utilizaron los Saturno IB y para las misiones a la Luna el enorme Saturno V, varias veces más potente que el IB con peso de 3.000 toneladas y una altura de 110 metros.

## **5. LOS COHETES ESPACIALES DE FINAL DEL SIGLO XX (1970-2000)**

Terminado el programa Apolo, la NASA abandona la construcción de los cohetes Saturno y los sustituye por las familias Scout, Delta, Atlas, Atlas-Centaur y Titán según las necesidades.

Los lanzadores soviéticos también se diversifican Soyuz (derivado de Zemiorka de Korolev), Vostok, Salyut, Venera, Zond y Tsyklon, (para misiones militares). Esta última serie incluye el Protón y el Energía que estuvieron especialmente diseñados para el lanzamiento de la lanzadera rusa.

Europa desarrolló los serie Ariane I (1979) a Ariane IV (1987) que tuvo un gran éxito en los lanzamientos comerciales.

A partir de 1970 nuevos países aparecen en la escena mundial con cohetes propios aunque basados en las técnicas conocidas como son China, Japón, India y Brasil.

China desarrolla el CZ-2 (Larga Marcha) con la ayuda de la URSS, que en 1985 despegó por vez primera de la base espacial de Jiuquang y el CZ-3 cuya configuración se asemeja al lanzador americano Titán II.

Japón desarrolló desde 1960, cohetes sonda pero finalmente pudo desarrollar un lanzador de tres fases que se denominó Lambda-4S lanzado en 1970. Esta serie evolucionó a la serie My que puso en órbita la onda Susei que estudió el cometa Halley en 1986, y después ha desarrollado la serie H I y H II que ha construido NASDA con motores criogénicos desde 1993.

La India, a partir de 1980, comenzó a fabricar su cohete SLV (Satellite Launch Vehicle) y desde 1986 utiliza los PSLV (Polar Satellite Launch Vehicles) y los GSLV (Geostationary Launch Vehicles) con combustible sólido.

También Brasil, tras creación de la Agencia Espacial Brasileira en 1994, ha desarrollado la familia de cohetes VLS (Vehículos lanzadores de Satélites) y que en 2004 lanzó el primer cohete desde suelo de la América latina. Después de varios fracasos, especialmente el que causó la muerte a 21 personas, la mitad ingenieros que llevaban trabajando en el proyecto más de 20 años, Brasil ha puesto en el espacio numerosos satélites científicos de observación de la Tierra usando sus propios cohetes.

## 6. LOS LANZADORES REUTILIZABLES

Voy a abordar ahora el uso de lanzadores reutilizables, ya que, tras abandonar los costosos cohetes Saturno, NASA se planteó la posibilidad de utilizarlos pues parecía que iba a ser el sistema post-Apolo que abarataría los coste para llevar carga al espacio.

Esta idea que en su concepto original era poner una nave sobre un cohete Saturno para el lanzamiento y hacer que reentrara y aterrizara como un avión, no se puso en marcha pues se demostró que su coste era muy elevado espacialmente por el coste del cohete.



Lanzamiento del transbordador

Al final, se adoptó el conocido sistema parcialmente reutilizable constituido por un avión espacial (Orbitador o Lanzadera) y un depósito externo.

Los vuelos de las lanzaderas de NASA empezaron el 12 de abril 1981 y continuaron durante 30 años. Comenzó la nave Columbia y continuó con la Challenger, Discovery, Atlantis y Endeavour.

Los éxitos de las lanzaderas en la construcción de la Estación Espacial Internacional, el lanzamiento de satélites transportados en la bodega del orbitador, la reparación de satélites averiados en órbita como el Telescopio Espacial Hubble, han demostrado que este primer sistema de transporte al espacio reutilizable ha ampliado las fronteras del conocimiento no sólo en el avance de la tecnología.

Sin embargo, los costos de mantenimiento, la pérdida de dos naves con sus tripulaciones y la necesidad de remozar la flota por obsolescencia, ha obligado a NASA a retirar del servicio, el 21 de julio de 2011, las naves que quedaban y a repensar el sistema pues la debida renovación tenía un precio prohibitivo, y, como veremos, está sustituyendo el sistema por otro más barato y probado, como son los cohetes modernos propulsados por hidrógeno y oxígeno.



Transporte del transbordador soviético Burán por un avión Antonov

La URSS también se planteó la construcción de un transbordador similar a lanzadera americana, denominado Burán, que completó sólo un vuelo de prueba sin tripulación en 1988 e, inmediatamente, el programa fue cancelado.

Tanto Europa como Japón también se plantearon el uso de transbordadores al espacio y aunque éste todavía mantiene su programa, en Europa, ESA hizo un estudio para un transbordador sólo para tripulaciones, el Hermés y otro denominado FESTIP (Future European Space Transportation Investigations Programme), pero igualmente que el Burán, fue cancelado en 1992 como también lo fueron la Lanzadera japonesa y cohetes reutilizables de NASA llamados X-33 desarrollado por Orbital Sciences y X-34 por Lockheed.

Posiblemente, sólo un sistema de lanzamiento reutilizable que se está comercializando para satélites de pequeño tamaño, el Pegasus<sup>12</sup> con el España lanzó en 1997 el MINISAT 01, desde un avión a unos 11 km de altura y una velocidad adecuada, encienden el cohete y lo ponen el satélite en órbita, seguirá en el mercado hasta que otros cohetes más baratos sean comercializados.

## 7. EL TRANSPORTE AL ESPACIO EN LA ERA POST-LANZADERA

En el siglo XXI parece que volvemos de nuevo a los cohetes no reutilizables o desechables para la puesta en órbita de satélites y sondas espaciales por el alto costo de los primeros, pero utilizando con propergoles no contaminantes como el hidrógeno y el oxígeno líquidos ya que el resultado de su combustión es agua.

A los cohetes que comercializa Arianespace Ariane V y Vega, se ha añadido ahora el cohete ruso Soyuz, cuya primera fase todavía como combustible petróleo refinado que también se va lanzar desde el puerto espacial de la Guayana francesa. El Ariane 5 se utilizará para grandes pesos, el Soyuz para pesos medios y el Vega para pesos ligeros.

La jubilación de las lanzaderas americanas y la continuación de las actividades en la Estación Espacial Internacional (ISS) así como la necesidad de reducir los costes del transporte al espacio, han influido en la decisión de los países u organizaciones que tienen capacidad de lanzamientos en replantearse los sistemas de lanzadores, que voy a tratar, de sintetizar:

En primer lugar el transporte de astronautas y cosmonautas al espacio y especialmente a la ISS sólo puede hacerse hasta que de se desarrolle un nuevo sistema mediante las cápsulas Soyuz, que utiliza Rusia. Todos países participantes en el ese proyecto internacional tienen mientras tanto que abonar los gasto de

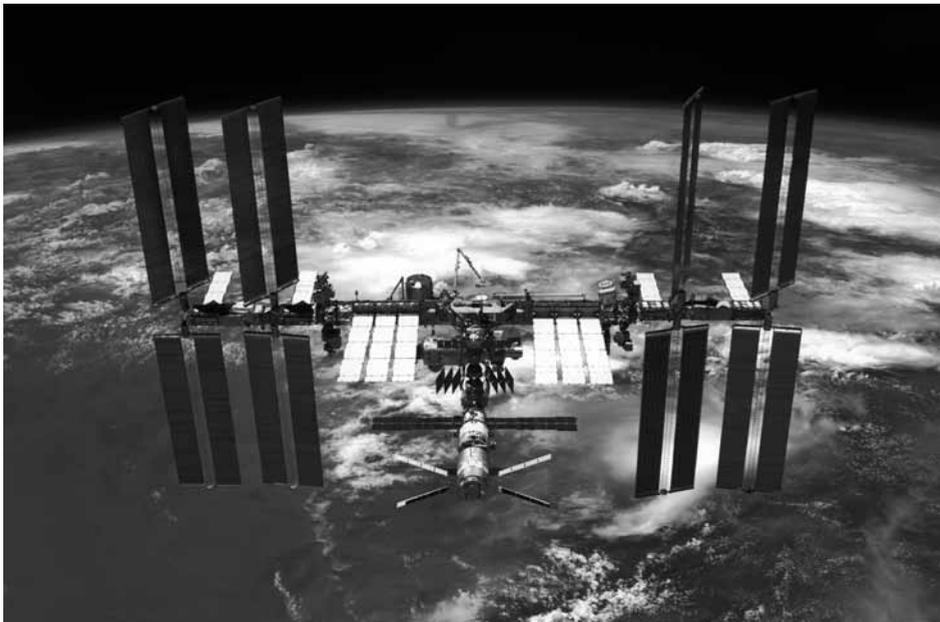
---

<sup>12</sup> España lo utilizó en abril de 1997 para lanzar el satélite Minisat 01 desde un avión Lockheed TriStar L-1011, a una velocidad superior a 0,8 mach y una hora y media más tarde alcanzaba su órbita, a 600 km de altitud, con una inclinación de 28,5 grados sobre el plano ecuatorial.

su tripulantes. Esta nave es recuperable pues también sirve para retornar a las tripulaciones de la ISS a tierra.



Los cohetes de Arianespace para el Siglo XXI : Ariane V, Soyuz y Vega



Estación Espacial Internacional (ISS)

Para el transporte logístico, Rusia utilizará las naves Progress M1 introducida en el año 2000 que tiene una mayor capacidad de transporte de combustible, 1950 kg y además puede llevar 1800 kg de equipos y víveres. La Progress, una vez cumplida su misión, desatraca de la ISS y se quema en la atmósfera.

ESA que, como consecuencia de la cancelación de Proyecto Hermés, no tiene capacidad de transportar astronautas al espacio, ha desarrollado el Programa ATV, Vehículo de Transporte Automático, para transportar material, combustible y otros elementos consumibles en la ISS y además impulsar la estación hacia órbitas más elevada pues su rozamiento con la alta atmósfera hace que su órbita decaiga y, si no se eleva, puede llegar a desintegrarse.



Atraque del ATV a la Estación Espacial Internacional

El ATV, como la nave Progress, una vez que el material que transporta es trasladado al interior de la Estación Espacial, la empuja hacia una órbita superior, y cargada con los desechos, desatraca y se desintegra en la atmósfera terrestre.

Mientras tanto, NASA, que también abona el coste del traslado de sus astronautas a la ISS, está desarrollando un sistema de lanzadores más seguros y más baratos que las lanzaderas formado por un cohete de última generación denominado ORION que está constituido por una lanzador criogénico de oxígeno e hidrógeno

y una cápsula multiusos y para el transporte de tripulaciones (MPCV) que podría utilizarse para el transporte de tripulaciones al espacio lejano como a Marte.

Sólo hace una semana NASA y ESA han anunciado los detalles de su cooperación en el programa de vuelo espacial tripulado Orión. Según han informado, la nave Orión contará con un módulo de servicios similares a los vehículos de almacenamiento ATV que fabrica la ESA, que proporcionará propulsión y energía a la nave espacial, así como una carga de oxígeno, agua y otros elementos de apoyo a la vida para mantener a los astronautas.

La ESA ha indicado que el módulo será un cilindro de 2,7 metros de largo y 4,5 metros de diámetro, similar a un ATV, pero la mitad de largo. Además, la misión de la ESA en esta misión incluye una mejora de la configuración de los paneles solares que contienen los cargueros ATV.

## **8. LOS VUELOS TURÍSTICOS AL ESPACIO**

Termino, presentando un nuevo mercado emergente y que será un hecho en muy pocos años. Me refiero al mercado comercial de vuelos tripulados turísticos que ya ha tenido precursores<sup>13</sup> con los viajes de turismo a la ISS por los que han pagado entre 20 y 35 millones de dólares.

Que los vuelos tripulados se conviertan en una industria como en su momento ocurrió con los vuelos comerciales de los aviones, requeriría poner a punto vehículos espaciales de pasajeros privados y haya un número suficiente de clientes dispuestos a pagar no menos de 200.000 dólares por estar unos minutos en el espacio.

Con esa incertidumbre algunas empresas han empezado el desarrollo de esos vehículos como es Brian Rutan de la empresa Mojave Aerospace Ventures que ha ganado el premio Brian Binnie en 2004 por haber volado con su SpaceShipOne dos veces al espacio en una semana.

La empresas Virgin Galactic y XCOR Aerospace vehículos espaciales para vuelos turísticos denominado llamados SpaceShipTwo y Lynx, respectivamente. En el caso de Virgin Galactic el lanzador es un avión el avión llamado “Eve” que transporta el vehículo espacial con 6 pasajeros y lo impulsa hasta una altura de 110 km en un vuelo de 2,5 horas de duración. El pasado 19 diciembre de 2012, completó satisfactoriamente un vuelo de pruebas que pasó todos los requisitos

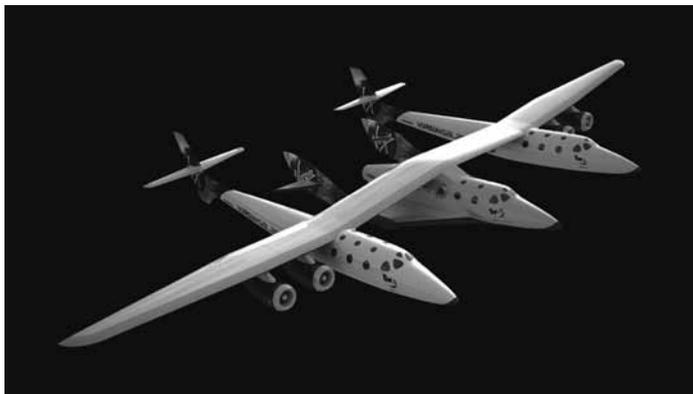
---

<sup>13</sup> Denis Tito (2001), Mark Shuttleworth (2002), la iraní-norteamericana Anoushe Ansari (2006), el húngaro Charles Simonyi (2007 y 2009), Richard Garriott (2008) y Guy Libérté (2009)

para empezar sus vuelos al espacio, para los que ya se pueden hacer reservas, abonando \$200,000 para las primeras 100 personas en volar; las siguientes 400 pagarán un depósito de entre \$100,000 y \$175,000; después, todos los pasajeros pagarán cada uno \$20,000.



Prototipo XCOR Racer



Virgin Galactic SpaceTwoShip en su lanzador EVE

Aunque parezca ciencia ficción, hasta una terminal o puerto espacial llamado América está siendo construido por Virgin Galactic en el desierto de Nuevo México.

Acabo, deseando que, con suerte y dinero, algunos de los que hoy han tenido la amabilidad de venir a escucharme puedan disfrutar de los vuelos turísticos que he presentado después de mirar por una bola de cristal y haberles mostrado lo que puede ocurrir en los próximos años o quizá decenios.

No me da tiempo a hablar del ascensor espacial, pero les diré que se están haciendo experimentos para construir un ascensor espacial basado en un hilo metálico de kilómetros de largo denominado (Tether Orbit Raising) que permitiría elevar pesos de órbitas bajas a órbitas altas como la geoestacionaria pero esa es otra historia que podría ser el tema para una próxima charla.

## **REFERENCIAS**

### **1) Space Transport Systems for the 21st Century**

F. Engström,

Director of Launchers, ESA, Paris

ESA BULLETIN, Núm. 95, Agosto 1998

<http://www.esa.int/esapub/bulletin/bullet95/ENGSTROM.pdf>

### **2) Space Transportation**

**Académie Nationale De L'air Et De L'espace**

**Space Committee**

Working group report

<http://www.academie-air-espace.com/upload/doc/docComm/SpaceTransportation.pdf>

### **3) Transportation, Propulsion and Pathway Options**

Seminario de Larry Bell, Sasakawa International Center for Space Architecture (SICSA) y Gerald D. Hines, College of Architecture, University of Houston, Tx

<http://www.arch.uh.edu/sicsa/library/media/3.Space%20Vehicle,%20Propulsion%20and%20Pathway%20Options>

### **4) Models of Transportation Development in America**

Patrick O'Neil y Carol Ebdon, Ph.D. University of Nebraska at Omaha

March 21-23, 2003

[http://www.trforum.org/forum/downloads/2004\\_TransDevelop\\_paper.pdf](http://www.trforum.org/forum/downloads/2004_TransDevelop_paper.pdf)

## **5) History of NASA**

Chapter three: SPACE TRANSPORTATION/HUMAN SPACEFLIGHT

[http://history.nasa.gov/SP-4012/vol5/vol\\_v\\_ch\\_3.pdf](http://history.nasa.gov/SP-4012/vol5/vol_v_ch_3.pdf)