

# EL FUTURO DE LA INVESTIGACION ESPACIAL

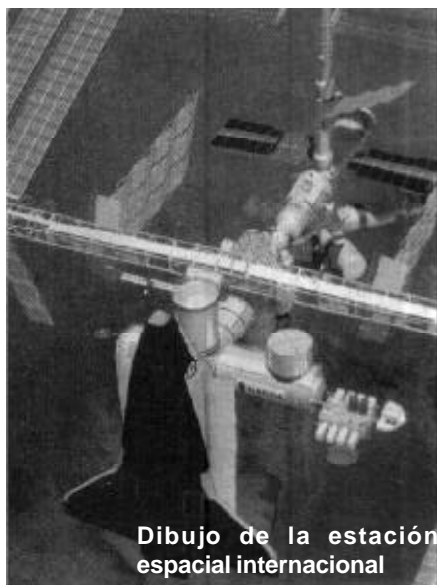
## PROGRAMAS TRIPULADOS

*Luis Ruiz de Gopegui*

### 1 INTRODUCCION

Como sabéis la investigación espacial tiene dos ramas claramente diferenciadas: los programas tripulados, en los que cosmonautas y astronautas viajan al espacio y realizan actividades muy diversas; y los programas no tripulados, en los que son sondas, robot o telescopios los que viajan al espacio para realizar allí sus actividades y en los que se utiliza control remoto o inteligencia artificial o mezcla de ambas cosas.

Hoy voy a hablar sólo de la primera de estas ramas, la correspondiente a los PROGRAMAS Tripulados, que comenzaron en 1961 con Yuri Gagarin que fue el primer hombre que accedió al espacio exterior, continuaron con la llegada del hombre a la Luna (1969), prosiguieron con una larga serie de estaciones espaciales en órbita terrestre: Salyut (1971), SkyLab (1973), Mir y Spacelab (actualmente en órbita), y que ensayaron el primer



Dibujo de la estación espacial internacional

lanzador re utilizable, el Space Shuttle (1981), que también sirve como herramienta de múltiples usos para lanzar, reparar, abastecer, etc., satélites o telescopios.

No vamos a hablar de lo hecho hasta ahora en el espacio exterior, que ha sido mucho, no en vano llevamos ya casi medio siglo de era espacial, sino lo que se intentará hacer en el Siglo XXI que está a punto de comenzar.

Hablaremos de (1) la Estación Espacial Internacional (ISS), (2) del regreso a la Luna y (3) del primer viaje del hombre a Marte. Creo que son los TRES GRANDES PROYECTOS que la humanidad intentará realizar en el Siglo XXI en cuanto a la exploración del espacio exterior por el hombre (me refiero a hombres y mujeres).

### 2. LA ESTACION ESPACIAL INTERNACIONAL (ISS)

#### 2.1. ¿DE QUE SE TRATA?

Hace sólo unos meses se ha iniciado la construcción de una gran estación espacial en órbita terrestre que estará totalmente terminada y operacional hacia el año 2003.

Parece un poco extraño que después de más de casi 30 años de experiencia en estaciones espaciales (ha habido 6 estaciones Salyut, 1 Skylab, 1 Mir, el propio Transbordador Espacial y 3 mini estaciones Spacelab, (algunas de ellas como la MIR con períodos de actividad superior a los 10 años) y sin que durante ellos se haya podido demostrar que las actividades en ellas realizadas sean de una gran

utilidad, se insista de nuevo en construir una nueva estación espacial. Sin embargo así ha sido aunque el parto de esta nueva estación ha sido muy polémico.

El proyecto de la Estación Espacial Internacional (ISS), cuando esté totalmente terminada (remolcador, 4 módulos principales, varios auxiliares, 3 naves logísticas, etc.). Una estación es un centro de experimentación y control situado en órbita terrestre, en donde astronautas y cosmonautas pueden vivir y trabajar con relativa comodidad, sometidos todavía a ingravidez y dentro de un espacio reducido pero no tan pequeño como el de las primeras naves de transporte espacial.

La ISS va a tener diversos módulos (400 toneladas será el peso total), pero lo más importante es que tendrá 4 importantes novedades con respecto a lo hasta ahora construido, 1 política y 3 técnicas:

#### 2.2. NOVEDADES

##### 2.2.1. Primer proyecto de cooperación internacional

Va a ser internacional, pero no por que sea habitada por astronautas y cosmonautas de diversas nacionalidades (cosa que ya se ha hecho) sino porque en su construcción van a participar:

EE UU.....	66 %
CEI (ant.URRS).....	1%
JAPON .....	13%
ESA (Europa) .....	5,23 %

España, que a su vez participa en ESA, le corresponderá el 1/1000 del total de la Estación.

Este es un ensayo importantísimo. Los primeros años de la era espacial fueron de auténtica confrontación entre bloques (EE.UU. y URSS) es decir de lucha o de carrera entre ellos y ahora se quiere pasar a una época totalmente opuesta, caracterizada por las grandes cooperaciones en la investigación espacial. Hasta ahora se han hecho algunas cooperaciones internacionales, pero eran casi simbólicas, un país lo hacía casi todo y otro u otros contribuían con muy poco (por ejemplo es Telescopio Hubble, con un 96 % NASA y un 4 % ESA). Pero ALFA será la primera cooperación de envergadura, que servirá para abrir el camino a futuras cooperaciones y ¿quién sabe? si quizá a que se cree a largo plazo una Confederación Espacial Mundial («Unated Nations Space Exploration Fund»), que es algo absolutamente necesario para poder continuar con la exploración espacial.

#### 2.2.2 Microgravedad

Hasta ahora las estaciones en órbita han tenido una microgravedad (ausencia de gravedad) bastante reducida (10-3 g) o (1 mili gravedad). ALFA mejorará esta situación en un factor 1.000. Se lograrán 1 ó 2 microgravedades (períodos normales y períodos tranquilos).

#### 2.2.3. Capacidad de computación

Va a mejorar, debido a las nuevas tecnologías y a la microminiaturización en varios Ordenes de magnitud, lo cual es importantísimo



El ISIS despegado en tierra

en cuanto a la complejidad de los experimentos de investigación que se pueden realizar en la Estación.

#### 2.2.4. Comunicaciones con tierra

Serán también enormemente más eficaces (cubrirá 100/100 del tiempo en órbita) al utilizar los satélites TDRS de la NASA.

### 2.3. RESUMEN

Se podría decir que ISS será la primera estación realmente capacitada tecnológicamente para realizar experiencias científicas serias e importantes en órbita terrestre. Todo lo hecho en los últimos 25 años han sido sólo ensayos preparatorios.

### 2.4. CRITICAS

Sin embargo la ISS está sufriendo muchas críticas, aún antes de ponerla en funcionamiento. El punto flaco de la ISS es que no se ha podido demostrar que en ella vayan a poderse realizar ningún tipo de experimentos que no se puedan hacer en las instalaciones actuales, principalmente en el Transbordador Espacial de la NASA cuando funciona como minilaboratorio espacial o en la MIR cuando se trata de estudios sobre el organismo huma-

no de larga duración, por eso habrá que esperar y ver si realmente sirve para algo la nueva ISS y si es sólo una repetición -más sofisticada - de lo anterior.

### 3. REGRESO DEL HOMBRE A LA LUNA

ISS empezará a funcionar a pleno rendimiento en el año 2003 ó 2004 y será explotada como mínimo durante 10 años y más probablemente durante 15 o más.

El siguiente gran proyecto será probablemente regresar a la Luna para establecer una base internacional permanente de investigación allí.

#### 3.1. ¿QUE ES UNA BASE LUNAR?

Una base lunar es una instalación permanente en el satélite, frente a las instalaciones totalmente provisionales típicas del programa Apollo, que se reducían a la nave de regreso. Su principal aplicación será utilizarla como centro de operaciones y control donde equipos de 5 ó 10 investigadores podrán trabajar durante períodos de 3 a 6 meses de duración para ser luego reemplazados por otros equipos. Es

algo así como las bases científicas que se establecen en la Antártida pero en el satélite Luna.

Se comenzará con un gran módulo que puede servir de vivienda permanente o de laboratorio y que se enviará a la Luna totalmente armado; un centro de control enterrado, que se construirá más adelante, para poder sobrevivir y funcionar durante las largas noches lunares en las cuales la temperatura llega a -120 grados centígrados; la base se irá ampliando poco a poco con dos módulos conectados con una construcción más sólida ya

La pregunta más lógica es:

### 3.2. ¿PARA QUE?

Durante las seis misiones Apolo que exploraron la Luna (69-72) prácticamente no se hizo ningún tipo de investigación científica en y desde la Luna. En primer lugar, porque aquellas misiones no habían sido pensadas para realizar investigación científica; y en segundo, por que sus permanencias en el satélite fueron muy reducidas, 12 días en total. Ahora se quiere volver a la Luna para hacer ciencia en, de y desde ella permaneciendo varios años allí (aunque sean distintas tripulaciones).

- La Luna puede ser un taller excepcional para entrenamiento de astronautas para misiones interplanetarias.

- Puede ser también una plataforma ideal para ensamblaje y aprovisionamiento de naves interplanetarias.

- Cementerio para almacenar residuos nucleares.

- Etc., etc..

Desde el punto de vista de la investigación científica, lo más importante es que la Luna es una plataforma excelente para hacer astronomía avanzada desde ella porque:

Posee ambiente muy limpio y alto grado de vacío.

Su estabilidad es enorme y eso ofrece grandes ventajas para establecer una base en VLBI.

La contaminación radioeléctrica es muy baja, especialmente en su cara oculta.

Posee zonas criogénicas en algunos cráteres en umbría.

La gravedad es muy baja, lo que facilita construir grandes antenas y espejos.

Esta salpicada de cráteres de impacto. Etc., etc..

### 3.3. VENTAJAS DE ESTE PROYECTO

El proyecto de base lunar tiene además muchas ventajas contra su competidor, el viaje a Marte. En efecto:

Todas las tecnologías necesarias son conocidas.

No sería necesario desarrollar nuevos lanzadores, solo modificar los actuales



Módulo Zarya, fabricado en Moscú, para la estación espacial internacional

realizada en la propia Luna utilizando materiales de construcción obtenidos en el satélite.

La base debe constar de 2 ó 3 módulos vivienda, 1 módulo centro de control, 2 módulos laboratorios, 1 ó 2 centrales productoras de energía eléctrica y algunas instalaciones exteriores como fábricas, telescopios, etc., y quizá también alguna plataforma de lanzamiento y alunizaje para dar más seguridad a estas operaciones.

La Luna permitirá realizar investigación en campos muy distintos, como:

- Investigación astronómica avanzada. Experimentación en robótica.

- Medicina espacial.

- Búsqueda y explotación de recursos lunares.

No es un proyecto cerrado, como la estación o el viaje a Marte, sino abierto de forma que cualquier país que lo desee puede sumarse al proyecto en el momento que lo desee.

Tiene un período de explotación muy amplio -10 ó 20 años frente a 2 ó 3 del viaje a Marte, que permite amortizar la inversión.

Es un proyecto que serviría para desarrollar múltiples tecnologías (robótica, astronomía, etc., como ya se ha dicho). Se realiza cerca de la metrópoli (la Tierra) lo que le hace infinitamente más seguro que ir a Marte.

Existe un objetivo científico claro y perfectamente definido (astronomía avanzada).

Etc., etc.

### 3.4. RECURSOS LUNARES

Los recursos lunares son muchos: oxígeno, silicio, hierro, aluminio, magnesio, calcio, titanio, sodio, etc..

Su extracción no es difícil pues se encuentran prácticamente en la superficie (regolita lunar).

Su procesamiento sería también relativamente sencillo, con pequeñas fábricas robóticas auto contenidas.

Hay también hidrógeno, hielo (?) y Helio-3 (fusión nuclear). En caso de que no hubiera hielo en la Luna, el agua se puede conseguir con relativa facilidad en pequeñas fábricas de oxígeno a partir de rocas lunares, calor y electricidad. Inclusive en un futuro no muy lejano se puede pensar hasta en cultivos y granjas lunares.

### 3.5. PRESUPUESTO

Es muy difícil hacer un presupuesto de algo tan poco definido como una base lunar. Pero suponiendo que se trate de una pequeña base, con 8 ó 10 módulos y 4 ó 5 telescopios, se puede decir que podrían costar unos 25 billones de pesetas (con B de burrada) (en pesetas de hoy y con 1 dólar = 125 pesetas, que es un cambio bastante normal). Si bien este dinero habría que gastarlo en unos 25 años (10 para la construcción de la base y 15 para su explotación).

Aunque la cifra puede parecer disparatada e imposible de lograr, no lo es ni mucho menos. Lo difícil sería lograr los acuerdos internacionales para que muchos países se comprometan en un proyecto tan grande y de 25 años de duración.

El coste de la base sería, por tanto, de 1 billón de pesetas anuales durante 25 años consecutivos

*Si se supone que podría participar:*

NASA .....	50 %
Japón .....	20 %
CEI .....	10 %
ESA .....	15 %
(ESA sería más grande que ahora)	
Demás * .....	5 % (* China, India, Canadá, Australia, Corea, etc.)

Si, además, se supone que España contribuiría con un 5 % de ESA, que es algo más de lo que hace ahora con una ESA más pequeña, a España le correspondería el 0,75 % del total, que sería unos 7.500 millones de pesetas al año

que no es una cifra muy elevada, pues ahora su contribución para todos los proyectos de la ESA es del orden de 15.000 millones de pesetas anuales.

Luego el presupuesto no es un problema, pero si lo sería lograr la amplia colaboración internacional necesaria con 8 ó 10 organizaciones y con un período de validez de 25 años.

Pero aunque difícil creo que se logrará. ISS va a ser un ensayo general muy importante.

## 4. PRIMER VIAJE A MARTE

### 4.1. JUSTIFICACION

Es muy difícil intentar justificar ahora un viaje tan arriesgado, tan costoso y que no puede proporcionar ningún beneficio directo a la humanidad. Además Marte ya ha sido y continuará siendo ampliamente explorado por naves no tripuladas o sondas robóticas. Sin embargo, Marte es un reto para la humanidad y yo estoy seguro que antes o después el hombre intentará ir a Marte.

Sin embargo no creo que a Marte se vaya antes de comenzada la segunda mitad del siglo XXI, y para entonces estoy seguro que se encontrará alguna justificación (posiblemente ya se conozcan planetas con vida). Lo más probable es que una de las justificaciones que se encuentre sea activar la industria espacial de los países más avanzados del mundo. Después de explotar durante 15 años la base lunar permanente se perderá interés en ello y además los viajes a la Luna serán ya muy rutinarios. Sin embargo, todos los países más desarrollados tendrán una poderosa industria espacial, que durante un siglo entero habrá estado activa, y a la que habrá que alimentar con nuevos retos y nuevos proyectos. El viaje a Marte puede servir para ello. Recuérdese que el proyec-

to Apolo proporcionó 400.000 puestos de trabajo dentro de la industria espacial americana.

#### 4.2. DIFICULTADES

Ahora bien, no conviene olvidar que el viaje a Marte está cargado de dificultades que será muy difícil superar y que exigirán grandes estudios y desarrollos.

La más grande de todas y de donde se derivan las demás es la duración del viaje. La distancia «en línea recta de la Tierra a Marte es

yecto es de 298 Días (10 Meses). Pero lo peor no es esto, sino que hay que permanecer en Marte 530 días (mas de 17 meses) para que se produzca otra situación favorable en las posiciones relativas de la Tierra y Marte para efectuar el regreso por una órbita de Homann. En definitiva, un viaje de 1.096 días (36 meses y medio = algo más de 3 años).

Es fácil comprender que un viaje de esta duración esta lleno de dificultades difíciles de superar: con-

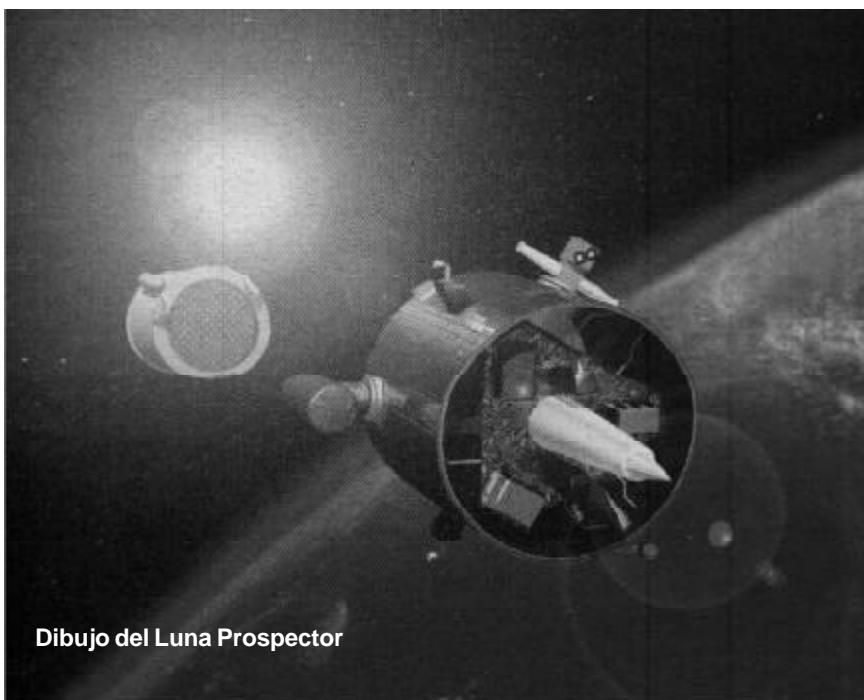
Fabricar el combustible de regreso en Marte. El combustible (oxígeno y metano) se puede obtener con relativa facilidad a partir de la atmósfera marciana que es principalmente de bióxido de carbono (95%), si bien requiere enviar una cierta cantidad de hidrógeno líquido desde la Tierra.

Etc., etc..

Pero a pesar de todo ello, el viaje a Marte durará siempre bastante más de un año y por tanto será enormemente arriesgado.

#### 4.4. INGRAVIDEZ, CONFINAMIENTO, ...

Quizá los dos problemas más graves sean la ingravidez y el confinamiento. La ingravidez produce graves deterioros en el organismo (mareos, fluidos corporales, sistema cardiovascular, calcio en los huesos y efectos de la radiación) (algunos sólo parcialmente recuperables) como deterioro del sistema inmunológico, pérdida de masa muscular, pérdida del calcio de los huesos, etc., que solamente se pueden atenuar realizando mucho ejercicio físico. En consecuencia un viaje tan largo sería altamente arriesgado. A su vez, hay que tener en cuenta que la gravedad artificial ni siquiera se ha comenzado a experimentar. El confinamiento y la consiguiente claustrofobia pueden ser también muy difíciles de soportar al estar en un lugar muy pequeño, muy incómodo y con continua sensación de peligro. Las experiencias realizadas por los soviéticos, uno de cuyos cosmonautas ha permanecido en órbita terrestre algo más de un año (hasta 14 meses seguidos), indican que algunas veces se producen situaciones muy difíciles de controlar, que obligan



Dibujo del Luna Prospector

del orden de 85 MILLONES DE KILOMETROS, casi 200 veces más que a la Luna. Pero es que además, por consideraciones energéticas, no se puede ir en línea recta y conviene optar por una órbita (que tiene que ser elíptica) de mínima energía, que pase por ambos astros en su máxima elongación. Es lo que se llama la órbita de Homann (1925).

En este caso la distancia se multiplica por un factor 6 aproximadamente (es decir 1.200 veces más que a la Luna) y la duración del tra-

finamiento, radiaciones, ingravidez, seguridad de funcionamiento, salud de los astronautas, etc.).

#### 4.3. ESTRATAGEMAS

Ciertamente existen diversas estrategias para acortar el viaje, pero todas son poco efectivas:

Utilizar otras órbitas más energéticas

Utilizar dos naves.

Utilizar propulsión nuclear (mucho más energética)

a una interrupción del confinamiento, y esto es irrealizable en un viaje a Marte.

Hay otros muchos problemas: la protección contra las radiaciones, el enorme peso de la nave (del orden de 1.400 toneladas) (10 veces la nave en órbita terrestre del Apolo) (3,5 veces ISS), la salud de los astronautas, la seguridad de funcionamiento en un período tan largo, las radiaciones, etc.. En consecuencia habrá que resolver todos estos problemas antes de iniciar un viaje tan arriesgado, como el viaje a Marte.

Quizá la solución más apropiada sería utilizar gravedad artificial pero esto nunca ha sido estudiado experimentalmente con seres humanos.

Sin embargo el viaje a Marte es aún muy difícil y están pendientes de investigar todavía diversas tecnologías, por eso no creo que se realice hasta el año 2.040 ó 2.050.

## 5. OTROS PROYECTOS

Existen además algunos otros proyectos muy importantes pero quizá de menor envergadura que los anteriores que se llevarán a cabo en el siglo XXI. Los más conocidos son LA ESTACION ESPACIAL CON GRAVEDAD ARTIFICIAL y EL AVION ORBITAL.

5.1. La gravedad artificial es algo que debe estudiarse y experimentarse, pues puede ser la solución más apropiada para los viajes de larga duración e inclusive para las estaciones espaciales en órbita terrestre. La gravedad artificial sólo puede conseguirse haciendo rotar el habitáculo en el cual se encuentren los astronautas o cosmonautas, por eso las estaciones deberán

tener un anillo rotatorio como el que se ve en la diapositiva. Es mucho lo que hay que investigar en este campo (radio y velocidad más apropiadas; efectos fisiológicos de pequeños cambios de gravedad; los efectos de la fuerza de Coriolis; etc.).

5.2. El avión orbital será un avión-cohete que permita llegar de un sólo salto y con una sola etapa, desde tierra a órbita terrestre. Sus ventajas más importantes serán simplicidad y que abaratará mucho los costes de los lanzamientos dado que utilizará motores aeróbicos, es decir motores que consumen el oxígeno atmosférico a temperatura ambiente en lugar de consumir oxígeno puro líquido a muy bajas temperaturas. Al tomar el combustible de la atmósfera se evitará transportarlo, lo cual es enormemente ventajoso, pues actualmente el oxígeno líquido que se transporta pesa más del 50 % del peso total del cohete lanzador y su abastecimiento es muy largo, costoso y peligroso.

A pesar de sus grandes ventajas serán necesarios grandes avances tecnológicos antes de lograr este tipo de avión (el Oriente Expreso) del futuro. El problema fundamental reside en que los motores convencionales, los turboreactores que se utilizan en los aviones comerciales sólo funcionan correctamente (con rendimiento apropiado) hasta una velocidad de 3 Mach y para entrar en órbita hay que alcanzar 25 Mach. Existen otros motores, los extratorreactores que funcionan hasta 6 Mach. Finalmente existen también los extratorreactores con combustión supersónica, que están ahora en una fase muy previa de desarrollo y que funcionan hasta 15 Mach. Pasar de 15 a

25 Mach ya sería fácil con un cohete de oxígeno líquido convencional pequeño y ligero. El problema fundamental radica en que el avión espacial no puede llevar tres motores distintos y un pequeño cohete, pues eso supondría demasiado peso. Luego es preciso desarrollar un motor híbrido que funcione consecutivamente en los tres modos antes descritos y esto desde el punto de vista tecnológico es muy difícil, aunque es posible que se logre transcurridas 2 ó 3 décadas.

Madrid, 11 de abril de 1999

