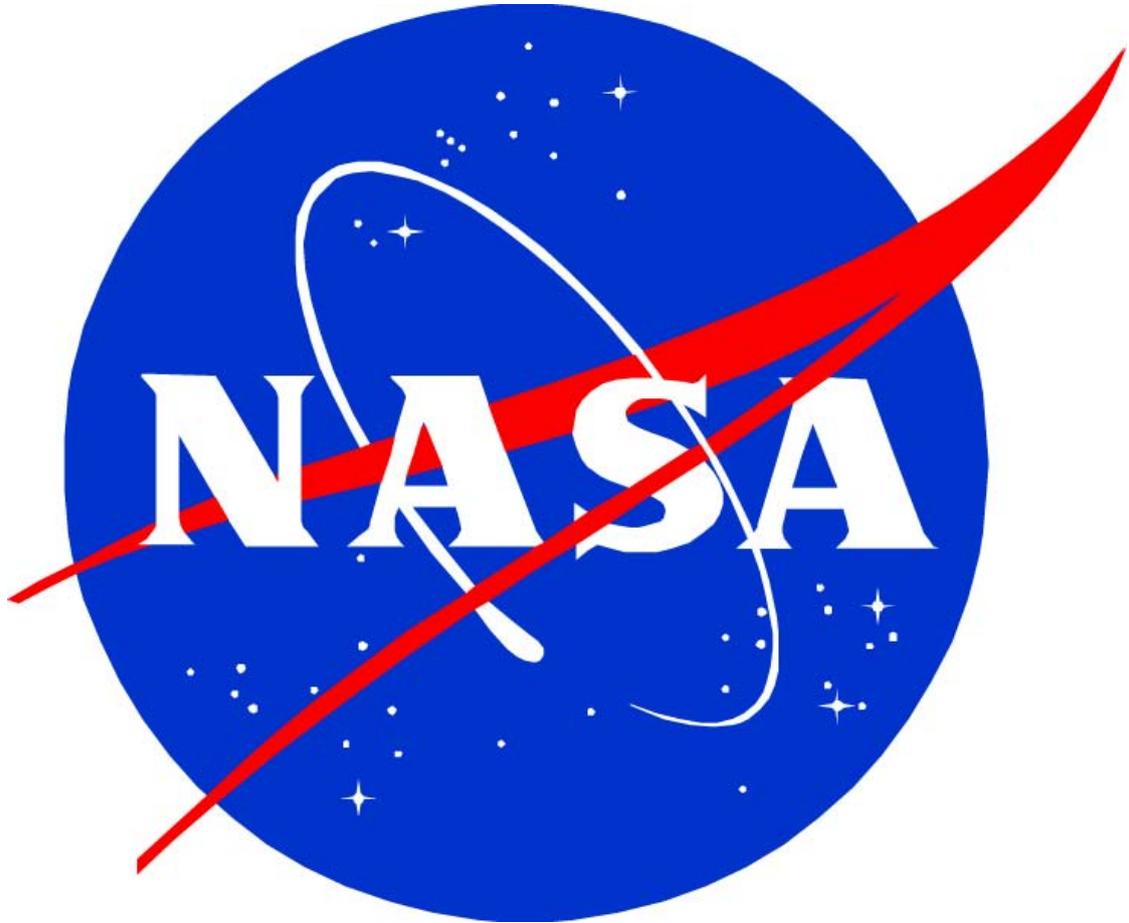
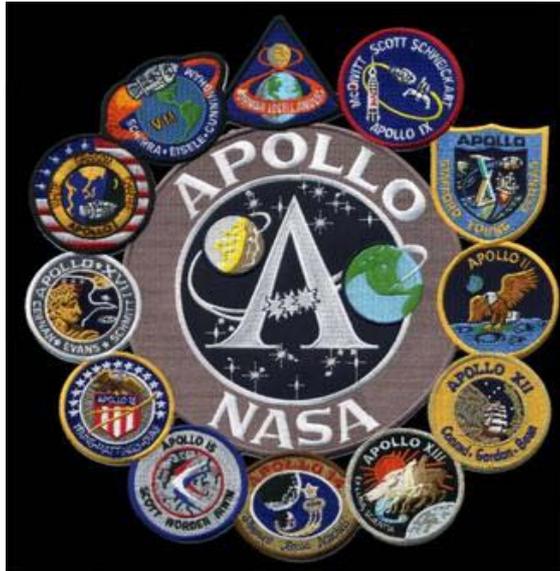


# Programa Apollo de NASA



Fueron necesarios la profesionalidad, la dedicación y el arduo trabajo de más de 4000.000 personas en todo el mundo para hacer posible *un salto gigante para la humanidad.*

Este ensayo está dedicado a mi mujer, Estrella y a mis hijas, Raquel y Sara, que han aguantado mi ostracismo los últimos meses mientras estaba ocupado en compilar la información existente con mis propias memorias.



# Breve ensayo del Programa Apollo de NASA

*(Carlos Gonzalez. Ex Jefe de Operaciones en Robledo)*

1. APOLLO (*El comienzo*)
2. APOLLO I
3. APOLLO II - III
4. APOLLO IV
5. APOLLO V
6. APOLLO VI
7. APOLLO VII
8. APOLLO VIII
9. APOLLO IX
10. APOLLO X
11. APOLLO XI
12. APOLLO XII
13. APOLLO XIII
14. APOLLO XIV
15. APOLLO XV
16. APOLLO XVI
17. APOLLO XVII
18. APOLLO XVIII - XX
19. RED DE SEGUIMIENTO
20. CRÉDITOS
21. BIBLIOGRAFÍA
22. GLOSARIO DE TÉRMINOS



## Prefacio

No se podría dar vida a este ensayo sin dar el crédito adecuado a aquellos hombres que, bien por soñar este viaje mucho antes de que fuera pensable o por hacer realidad todas las teorías que sugerían su viabilidad, hicieron dicho viaje posible.

Entre los soñadores, *Leonardo da Vinci, Jules Verne, H. G. Wells, Georges Méliés, Edgar Rice Burroughs, Hugo Gernsback, Alex Raymond, Willy Ley, Chesley Bonestell, Robert McCall, etc.*

Entre los teóricos, *Konstantin Tsiolkovsky, Hermann Oberth, Robert H. Goddard, etc.*

Y, por supuesto, entre los ingenieros y diseñadores, *Wernher von Braun y Sergei Korolev.*

Von Braun fue la figura central del programa de desarrollo de cohetes en Alemania en sus años 20 e inicio de sus 30 e hizo posible el diseño del misil de combate V-2 durante la segunda guerra mundial.

Tras la guerra, Braun emigró a los EEUU como parte de la *Operación Paperclip* para trabajar en un misil balístico de alcance intermedio para el ejército.



SERGEI KOROLEV

Cuando se creó NASA, se convirtió en director del Marshall Space

Flight Center y fue el arquitecto del Saturno V, vehículo que impulsó el Apollo hasta la Luna.

Sergei Korolev fue un diseñador de misiles y una figura clave en el desarrollo del Programa Balístico Soviético.

Asignado como líder del programa soviético del espacio, y tras el éxito de los proyectos *Sputnik* y *Vostok*, fue admitido como miembro de la Academia de Ciencias Soviética.

Murió de manera inesperada en 1966 y, para entonces, ya tenía en marcha un diseño de vehículo espacial para competir con los EEUU en ser la primera nación en poner un hombre en la Luna.



WERNHER VON BRAUN

## 1. APOLLO (El Comienzo)

### ¿Por qué la Luna?

A la conclusión de la 2ª Guerra Mundial, las relaciones entre la Unión Soviética y los EEUU no eran especialmente de amistad. No había una declaración formal de guerra pero el antagonismo había alcanzado unos niveles que podían definirse como *guerra fría*. Ambas potencias estaban incrementando la producción de ingenios nucleares y Misiles Balísticos Intercontinentales (ICBMs) para llevarlos a bordo (*solo para casos de defensa*), pero no habían pensado mucho en la conquista del espacio.



Cuando en 1957, la Unión Soviética lanzó el *Sputnik 1* se convirtió en la primera nación en poner un objeto hecho por el hombre en órbita terrestre. Esta acción inició la carrera espacial aunque aún no estaba muy claro lo que el término significaba.

En 1958, el gobierno de EEUU creó la Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio (NASA) para diferenciar los trabajos científicos y los de defensa y, con esta creación, el Programa Espacial Americano se puso en marcha. El primer proyecto fue denominado



mientras entrenaba a un chimpancé (*HAM*), como primer astronauta americano.

Antes de que los americanos lanzaran a HAM, los soviéticos, un mes después del Sputnik 1, lanzaron una perra, *LAIKA*, siendo, otra vez, primeros en poner un mamífero en el espacio.



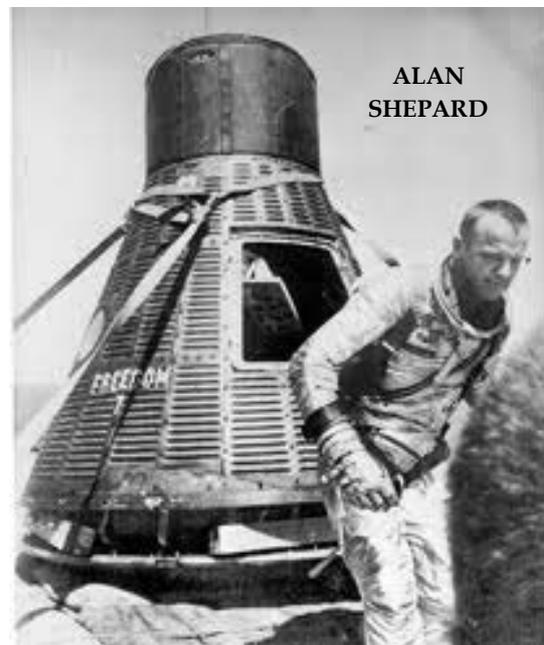
Los americanos, en tanto, continuaron su proyecto de entrenamiento para conseguir un grupo de astronautas capaces de hacer el primer vuelo del Proyecto Mercury. Se seleccionaron siete (*Los Mercury 7*). Eran: *Alan Shepard Jr*, *Virgil (Gus) Grissom*, *Leroy Cooper Jr*, *Walter (Wally) Shirra Jr*, *Donald (Deke) Slayton*, *John Glenn Jr* y *Malcolm Carpenter*.

Una vez más, los soviéticos se adelantaron a los americanos y lanzaron a *Yuri Gagarin* al espacio en la nave *Vostok 1* solo 23 días antes del lanzamiento del primer americano destinado a ser el primero de los siete en volar, *Alan Shepard*. Además, Yuri completó una órbita a la Tierra mientras que



Shepard solo pudo hacer un vuelo suborbital de 16' de duración.

El orgullo Americano estaba herido, y la idea de poner astronautas en la Luna empezó a ser el centro de discusiones en Washington.



Se crearon, entonces los proyectos *Vanguard* y *Explorer* para fotografiar posibles zonas de aterrizaje en la Luna.



AGENA

El presidente de EEUU, John F. Kennedy, reunió al Comité conjunto del Congreso el 25 de Mayo de 1961 y les pidió apoyo político y presupuesto para llevar a los americanos a la Luna antes del fin de la década; esto mostraría al mundo su liderazgo económico y tecnológico. El Proyecto Apollo había empezado.

Entre tanto, el Proyecto Mercury consiguió poner una cápsula en órbita terrestre con el astronauta Glenn (1962) usando un lanzador

más grande, un *Atlas*. Al mismo tiempo, comenzó el Proyecto *Gemini* como predecesor del Apollo.

Pero los Soviéticos no estaban dormidos y colocaron en órbita terrestre la primera mujer cosmonauta, *Valentina Tereshkova*, (1963); además, el cosmonauta Soviético *Leonov* hizo el



LEONOV

primer paseo por el espacio (1065).

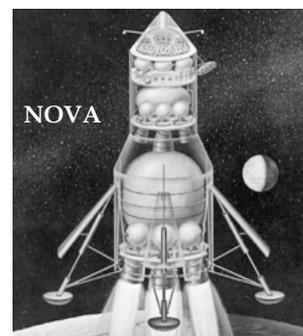


VALENTINA TERESHKOVA

Continuaban, además, con el diseño de una nave para llegar a la Luna antes que los Americanos.

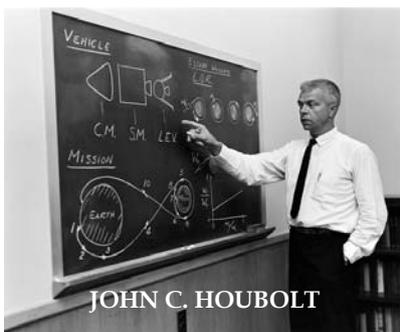
### El proyecto del viaje a la Luna da comienzo

Los primeros diseños de un vehículo para llevar un hombre a la Luna iban desde un misil suficientemente grande como para salir de la Tierra, llegar y aterrizar en la Luna, despegar de la Luna y volver a la Tierra (*NOVA*), al encuentro de dos



NOVA

vehículos en órbita terrestre que se acoplarían para el viaje. Finalmente, un acoplamiento en órbita lunar. Los astronautas viajarían en un módulo de Mando y Servicio (*CSM*) y un módulo lunar más pequeño los pondría en la superficie. Ese mismo módulo despegaría de la Luna y se encontraría con el CSM con el cual volverían a casa. Este diseño fue

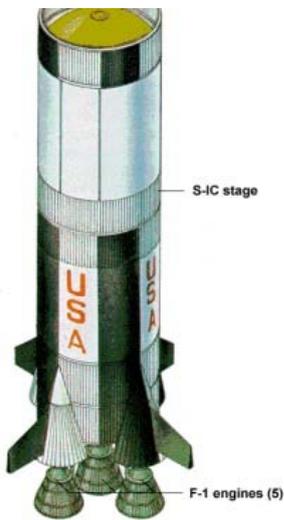


JOHN C. HOUBOLT

propuesto por *Tom Dolan* y dirigido por *John C. Houbolt*.

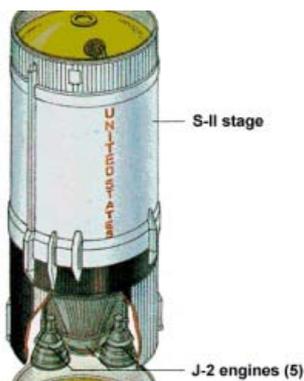
Se adoptó este último proyecto y de esa manera la misión Apollo inició su andadura. Lo primero que hacía falta era un lanzador con la potencia suficiente como para acelerar la combinación CSM/LM hasta la velocidad de escape. Así nació el vehículo gigante de tres etapas denominado *SATURNO V*.

La primera etapa denominada *S-1C* estaba construida por Boeing en Nueva Orleans. Constaba de 5 motores F-1, con el motor central fijo y los exteriores orientables. Los combustibles eran, RP1 (*un keroseno súper refinado*) y oxígeno líquido y era capaz de producir un empuje de 3,5 millones de toneladas. Esta primera etapa funcionaba durante 2,5 minutos y colocaba en vehículo a una altura de 67 km y a una velocidad de 8.600 km/h. La secuencia de ignición empezaba 8,9 segundos antes del lanzamiento; primero encendía el motor central seguido por los exteriores en parejas diagonales con un retardo de 300 ms. Una vez que los cinco motores alcanzaban el empuje máximo el lanzador era liberado de la plataforma. En 1' y 20" los astronautas experimentaban una presión dinámica de 4 G.

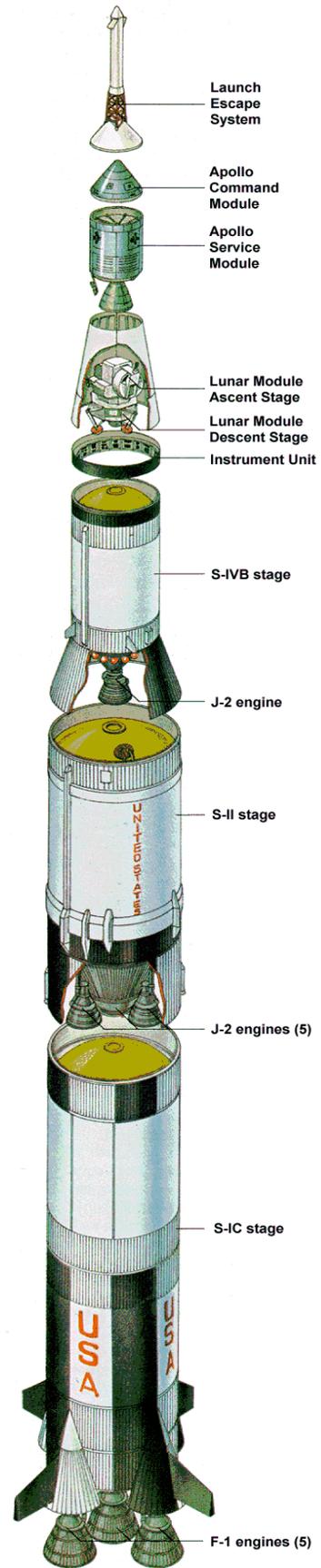


empezaba 8,9 segundos antes del lanzamiento; primero encendía el motor central seguido por los exteriores en parejas diagonales con un retardo de 300 ms. Una vez que los cinco motores alcanzaban el empuje máximo el lanzador era liberado de la plataforma. En 1' y 20" los astronautas experimentaban una presión dinámica de 4 G.

Una vez consumido todo el combustible de la primera fase, esta se desacoplaba del resto del vehículo y la segunda fase se ponía en marcha. En ese momento la torre de escape era desechada. La segunda fase estaba construida por North American Aviation en California y se denominaba *S-II*.

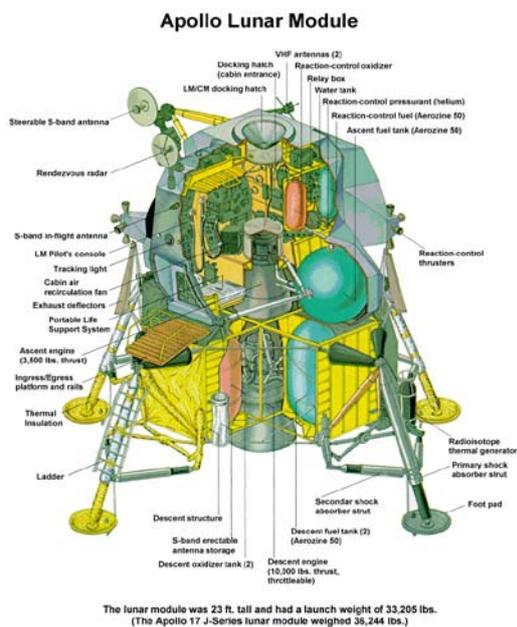


Constaba, como la primera, de cinco motores con el central fijo y los exteriores orientables aunque un poco más pequeños (*J-2*). El combustible estaba compuesto por oxígeno e hidrógeno líquidos. Esta fase funcionaba durante 6 minutos y ponía el resto del vehículo a una altura de 185 km y a una velocidad de 20.600 km/h.



Esta fase funcionaba durante 6 minutos y ponía el resto del vehículo a una altura de 185 km y a una velocidad de 20.600 km/h.

A esta altura y velocidad todavía no se había adquirido una órbita terrestre estable, así pues, la segunda fase se desacoplaba y la tercera se encendía durante unos 2,5 minutos para dar la velocidad necesaria para conseguirlo. Esta tercera fase estaba construida por Douglas Aircraft in California y se denominaba *S-IVB*. El combustible usado era el mismo que el de la segunda fase y constaba de un

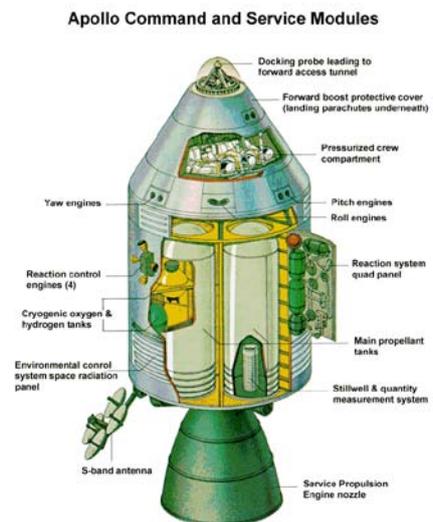
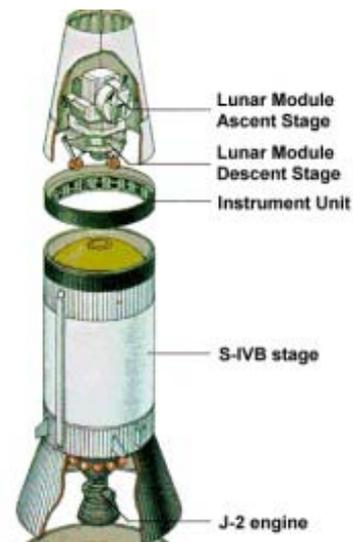


aparecían. Por encima del IU una zona tronco-cónica, formada por cuatro puertas, protegía el LM, construido por Grumman, y que durante el trayecto trans-lunar llevaba las patas retraídas.

El LM constaba de dos fases, una fase de aterrizaje y otra de despegue. (*La fase de aterrizaje quedaba en la superficie lunar*). Como combustible, el LM usaba Propergol (*Hidracina Mono-metálica + Tetróxido de Nitrógeno*).

En la parte superior del tronco-cono se ubicaba el CSM construido por North American Aviation. El módulo de Servicio usaba Aerozine 50 (*Hidracina + di-metil hidracina asimétrica + Tetróxido de Nitrógeno*).

solo motor (*J-2*) que, además, se podía encender y apagar a voluntad dándole así una flexibilidad extraordinaria. Como parte final del *S-IVB* había un anillo denominado Unidad de Instrumentación (*IU*) fabricado por IBM. Este anillo recibía información de múltiples sensores situados en diferentes partes del vehículo y enviaba las órdenes adecuadas para corregir los errores si estos



**Apollo CSM Facts**  
The Apollo Command Module was 13.8 ft. tall and 12.8 ft. in its maximum diameter, and typically weighed 13,000 lbs. with astronauts. The Service Module was 24.3 ft. tall and 12.8 ft. in diameter and weighed 64,074 lbs. The Service Propulsion System engine delivered a thrust of 20,500 lbs.

- (1) G es la aceleración producida por la gravedad terrestre y tiene un valor de 9,8 m/s<sup>2</sup>. Una persona sometida a 4 G pesa cuatro veces más de lo normal.

## Puesta a punto



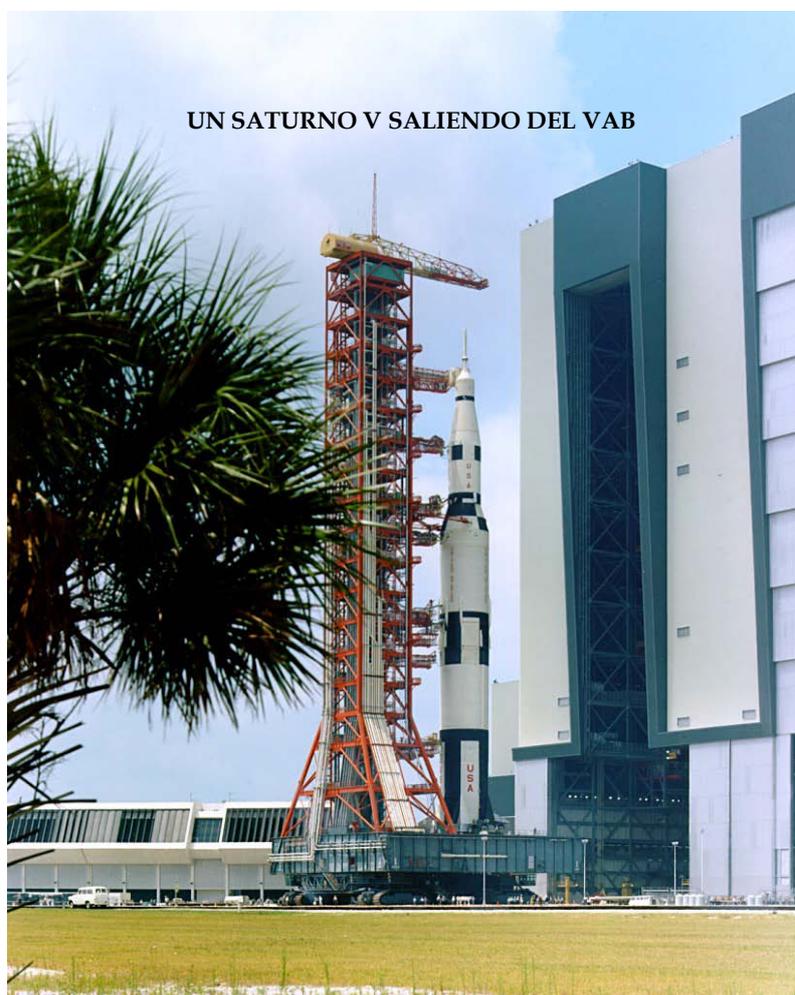
Todas estas fase juntas formaban el gigantesco vehículo de lanzamiento llamado Saturno V, pero ¿cómo se ensamblaban juntas todas esta fases?

El ensamblaje tenía lugar en un edificio denominado Edificio de Ensamble de Vehículos (VAB) en el Complejo de Lanzamiento 39 del Kennedy Space Center en Florida. Una notable particularidad es que es el edificio de una sola planta más grande del mundo. Se construyó inicialmente para ensamblar los vehículos Saturno V y, más tarde, albergó el montaje de los Transbordadores Espaciales. Su construcción finalizó en 1966.

Sus dimensiones son impresionantes, 160,3 m de altura, 218,2 m de longitud y 157,9 m de anchura. Alberga un espacio de 3.665.000 m<sup>3</sup> y para mantener la humedad bajo control monta 125 ventiladores en el techo. Aún así, su interior es tan vasto que tiene su propio clima, incluyendo nubes capaces de generar lluvia en los días muy húmedos. Renovar el aire interior totalmente requiere 1 hora.

Hay cuatro entradas con puertas de 139 m de altura y cada una tarda 45 minutos en abrir o cerrar.

Dada su situación geográfica se diseñó para aguantar huracanes y tormentas tropicales.





SATURNO V CON LA ULT A PUNTO DE ACOPLARSE AL MSS

Una vez el Saturno montado, con su torre umbilical (*ULT*) y a bordo de una gigantesca oruga abandonaba el VAB e iniciaba el viaje al Complejo de Lanzamiento 39-A a una velocidad de 2,5 km/h. Una vez allí, se le adosaba la Estructura Móvil de Servicio (*MSS*) y se iniciaba la cuenta atrás.

Esta cuenta atrás verificaba el estatus general del vehículo para el lanzamiento. Una vez verificados todos los parámetros y comprobada la fiabilidad del vehículo, la *MSS* se retiraba y dejaba al Saturno V junto con su *ULT* hasta completar la cuenta atrás. Al final de dicha cuenta atrás, el Apollo iniciaba su viaje a la Luna.

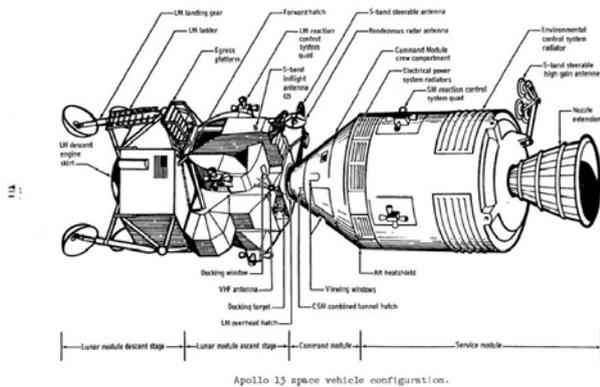


LANZAMIENTO DE UN SATURNO V

## En camino

Tras 2 ½ órbitas a la Tierra, y después de comprobar que toda la instrumentación funcionaba en perfectas condiciones, llegaba el momento del Segundo encendido del S-IVB (TLI) para ponerse camino a la Luna (*Encendido de Inyección Trans-lunar*). Esta vez se necesitaban casi 6 minutos de encendido para adquirir la velocidad de escape.

### CONFIGURACIÓN NORMAL CSM/LM



Después de unos 40 minutos después del TLI, el CSM se separaba del S-IVB, giraba 180° y se acoplaba al LM. Unos 50 minutos después el vehículo integrado CSM/LM se separaba del S-IVB.

Para prevenir un posible impacto del S-IVB con el CSM/LM, una pequeña maniobra de evasión era ejecutada.

Durante los siguientes tres días el programa a bordo era relativamente

tranquilo en el CSM. Los astronautas se dedicaban a los experimentos científicos programados y sacaban cientos de fotografías del entorno. El vehículo iba en una configuración llamada Control Pasivo de Temperatura (PTC). Este modo consistía en girar lentamente sobre el eje longitudinal, de esta manera no se presentaba siempre el mismo lado al Sol y se mantenía un control térmico.



LM TRAS LA SEPARACIÓN

La trayectoria inicial era llamada de *vuelta libre* y permitía a la nave la vuelta a la Tierra con mediante una sencilla

### SOMBRA DEL LM EN LA SUPERFICIE LUNAR

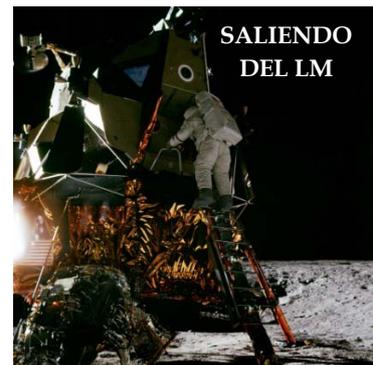


maniobra del SM en el caso de un problema, pero después de que estaba todo verificado y en orden se ejecutaba una corrección de trayectoria para poder ser atrapados por la gravedad lunar con la ayuda de un encendido del motor del SM cuando estaban en la parte posterior de la Luna.

Normalmente, se necesitaban dos encendidos. El primero situaba al vehículo en una

órbita elíptica de 100 x 200 Km y el segundo la circulaba.

El CMDR y el piloto del LM abrían entonces la escotilla y entraban en el LM. Se encendían todos los equipos e instrumentos y se hacía una comprobación exhaustiva de su funcionamiento. Si todo iba bien, el LM estaba listo para separarse del CSM e iniciar la secuencia de aterrizaje.

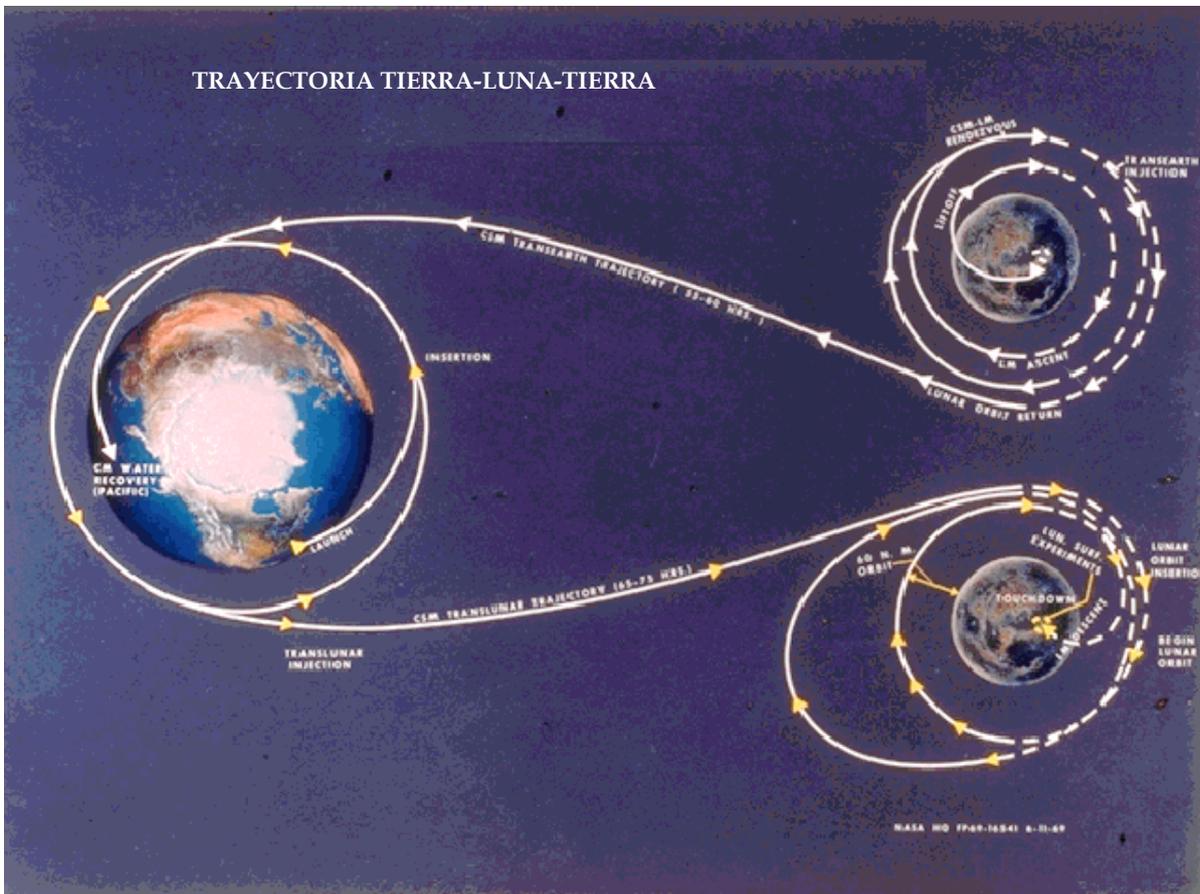


SALIENDO DEL LM



Después del aterrizaje en la Luna, había muchas tareas que completar: Comprobar la lista de configuración de todos los equipos, prepararse para la Actividad Lunar Extra vehicular (EVA) y, durante la misma, recoger muestras e inspeccionar el entorno para el análisis post-misión, etc.

Una vez la misión en superficie terminaba estaban listos para volver al CSM. Se encendía entonces el motor de despegue y la fase superior del LM salía al encuentro del CSM que esperaba en órbita lunar. Ambos vehículos se reconectaban y el CMDR y el Piloto del LM transferían todas las muestras recogidas en la superficie y los carretes de fotografías al CSM. Cuando la transferencia se completaba, se desconectaba el LM y se encendían sus motores para ponerla en una trayectoria de impacto con nuestro satélite.



En el momento oportuno, en la parte posterior de la Luna, el motor del CSM se encendía para adquirir la velocidad de escape de la gravedad lunar y ponerlos camino a casa.

## La vuelta a casa

Los tres días siguientes eran, normalmente, tranquilos y los astronautas se dedicaban a las tareas propias de atención de la nave así como a tomar cientos de fotografías, hacer transmisiones de TV y prepararse para la reentrada.

Una vez verificado que la trayectoria era adecuada para situar al CM en el ángulo de reentrada correcto, los astronautas se vestían su traje espacial y abandonaban el SM.

Ahora necesitaban reducir la velocidad a la que venían de la Luna (*aproximadamente 40,000 km/h*) a solo 35 km/h para el impacto en el océano. Al entrar la cápsula en la atmosfera terrestre, la fricción generaba una bola de fuego que envolvía la nave de manera que la ionización producida por esta bola de fuego inhibía todas las comunicaciones con el Control de Houston durante unos cuatro minutos, al mismo tiempo, los astronautas se veían sometidos a una deceleración de entre 7 y 7½ G.



Este periodo de cuatro minutos se denominaba Pérdida de Comunicación (*COMM BLACKOUT*).

A unos 7 km de altura, la velocidad se había reducido drásticamente y las comunicaciones se reanudaban. Un par de paracaídas cónicos se desplegaban para estabilizar la nave y, más tarde, otros tres más pequeños extraían los principales. Esto ocurría a una altura de unos 3 km.

Los astronautas y la cápsula eran, entonces, recuperados y la misión terminaba.



## 2. APOLLO I

Fue originalmente planificado para ser la primera misión tripulada que verificaría las capacidades del vehículo Saturno. La configuración de lanzamiento se componía de un lanzador Saturno 1B con un Bloque I CSM (CSM 012). Este Bloque I no incluía la capacidad de acoplarse al LM ya que este último no había sido totalmente diseñado todavía. Así que los objetivos del vuelo quedaron en probar las operaciones de lanzamiento y funcionamiento de la plataforma y del CSM y Seguimiento y Control. La misión se designó SA-204.

La tripulación principal era:

Posición	Astronauta
Piloto Comandante	Virgil I. ( <i>Gus</i> ) Grissom
Piloto Senior	Edward H. White II
Piloto	Roger B. Chaffee



La tripulación de inicial reserva era: James A. McDivitt, David R. Scott y Russell L. (*Rusty*) Schweickart (*Esta tripulación voló posteriormente en el Apollo IX*) pero se cambió a: Walter M. (*Wally*) Schirra, Donn F. Eisele y R. Walter Cunningham (*Esta tripulación voló posteriormente en el Apollo VII*).

La fecha de lanzamiento programada era Noviembre 1966 para hacerla coincidir con la última misión Gemini (12) y conseguir un acoplamiento de las dos nave en el



CAPSULA  
GEMINI

espacio pero el Apollo no estaba aún preparado para volar por sí mismo y los ingenieros no habían diseñado un sistema adecuado de acoplamiento, así pues, la fecha se retrasó al 21 de Febrero de 1967. En muchos despachos de NASA muchos creían que el Gemini era el módulo apropiado para un vuelo a la Luna basados en su fiabilidad y experimentación pero esto pronto cambió a un concepto diferente con

un módulo más grande.

El lanzamiento partiría de la plataforma 34-A, y volaría hasta dos semanas dependiendo de la respuesta del CSM.

El plan inicial era volar dos misiones tripuladas (204 y 205) y después una no tripulada para probar el LM (206). La tercera misión tripulada sería *dual* (278). En ella (SA-207), se usaría el primer Bloque II CSM y sería tripulada mientras que en una no tripulada (208) se lanzaría un LM con el propósito de ejecutar un acoplamiento en el espacio.

La tripulación recibió permiso para designar una insignia con el nombre de *APOLLO 1* en Junio de 1966. El trabajo artístico lo realizó *Allen Stevens* de la Asociación Aeronáutica Nacional (NAA).



SATURNO 1B EN LA  
PLATAFORMA DE  
LANZAMIENTO

La cápsula CSM del Apollo era mucho más grande y mucho más compleja que ninguna previamente diseñada. En Octubre 1963, *Joseph F. Shea* había sido nombrado Jefe de la Oficina del Programa del Vehículo Apollo (ASPO) y como tal, era el responsable de supervisar el diseño y construcción de ambas, el CSM y el LM.

Cuando North American envió la cápsula espacial CM-012 al Centro Espacial Kennedy en Agosto 26, 1966, había planeados 113 cambios de ingeniería significantes, y se generaron 623 requerimientos para cambios de ingeniería tras la entrega. Grissom se sentía tan frustrado con la incapacidad de los ingenieros del simulador de entrenamiento de emular los cambios que se hacían en la cápsula que cogió un limón de un árbol de su casa y lo colgó del simulador (1).

En una reunión con Shea el 19 de Agosto de 1966 (*una semana antes de la entrega*), la tripulación expresó sus dudas acerca de la cantidad de elementos inflamables (*especialmente nylon, malla y Velcro*) en la cabina; algo que los técnicos creían conveniente para sujetar las herramientas y el equipo en sus lugares. Aunque Shea dio un aprobado a la nave, después de la reunión la tripulación le envió una fotografía en posición de oración con la inscripción:



**No es falta de confianza en ti, Joe, pero esta vez  
hemos decidido pasar por encima de tu cabeza.**

Shea dio órdenes a su equipo de comunicar a North American quitar todos los inflamables de la cabina, pero no supervisó el tema personalmente.

- (1) Clara referencia a la canción *Lemon tree* de Peter, Paul y Mary  
*Limonero muy bonito y cuya flor es dulce  
Pero la fruta del pobre limonero es imposible de comer.*

## El Accidente

El 27 de Enero de 1967 estaba programada una simulación con el vehículo en la plataforma de lanzamiento. Se denominaba una prueba *sin conexiones* y pretendía determinar si el vehículo podía operar de forma nominal con energía interna sin conexiones exteriores de ningún tipo. Esta prueba era esencial para un lanzamiento el 21 de Febrero. La prueba era considerada no peligrosa ya que ni el lanzador ni la cápsula tenían combustible o criogénica y todos los sistemas de pirotecnia estaban deshabilitados.

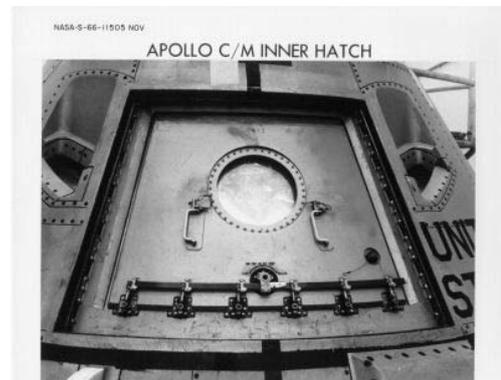
Los astronautas entraron en el módulo con los trajes presurizados y se ajustaron los cinturones de seguridad. Se conectaron a los sistemas de oxígeno y comunicaciones y entonces se cerraron las escotillas.

Las escotillas estaban formadas por tres partes: una interior removible que permanecía dentro de la cabina; una exterior que era parte de la protección térmica y una más exterior que era parte de la torreta de escape; esta última protegía el módulo de mando del calor aerodinámico producido durante el lanzamiento y de los escapes de los motores de la torreta en el caso de un aborto del mismo.

Hubo algún pequeño problema que se solucionó con prontitud y que se añadió a la lista de *lecciones aprendidas*, que también era parte del ejercicio.

Finalmente, tras algunas interrupciones, todo pareció estar correcto.

La tripulación inició la lista de comprobación una vez más y entonces se detectó un pico de voltaje a las 6:30:54 (23:30:54 GMT). Diez segundos más tarde (a las 6:31:04), después de que Chaffee dijera la palabra *!Hey!*, sonidos extraños siguieron por 3 segundos



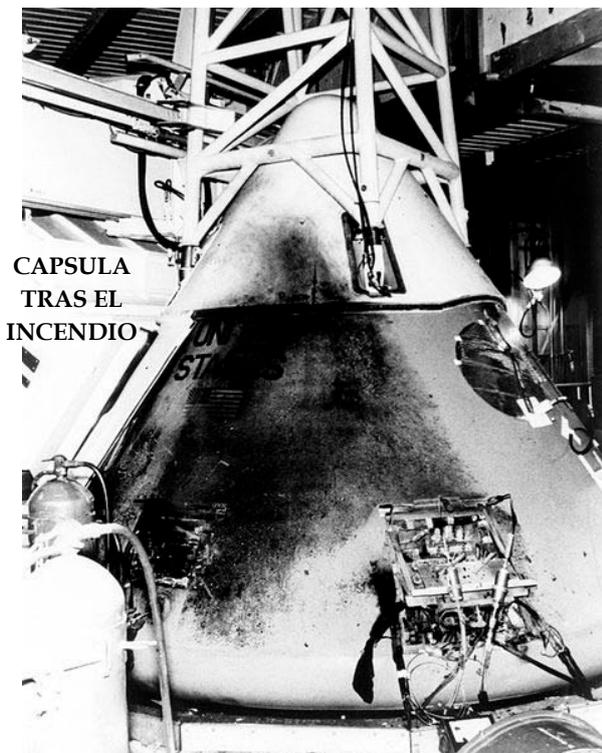
antes de que Grissom reportara un fuego en la capsula. Chaffee reportó entonces, *tenemos un fuego en la cabina* mientras que White contestaba al comentario de Chaffee. 12 segundos después, Chaffee urgió a la tripulación a abandonar el módulo de mando. La última transmisión de la tripulación fue inteligible y todas las transmisiones se cortaron abruptamente a las 6:31:21, solo 17 segundos después de la indicación de fuego. Luego un sonido sibilante mientras la cabina se resquebrajaba empujada por los gases interiores sobre-presurizados por el fuego.



Los técnicos del exterior trataron de abrir la escotilla pero el humo, altamente tóxico, que salía de la cápsula se lo impidió.

Cuando el fuego fue finalmente extinguido la tripulación había fallecido.

Obviamente, un comité de Investigación fue inmediatamente asignado para determinar las causas del desastre; el Administrador de NASA James E. Webb obtuvo la autorización del Presidente Johnson para no hacer públicos los resultados.



La investigación no fue conclusiva pero apuntó a varios problemas:

1. La energía eléctrica falló momentáneamente a las 23:30:55 GMT, y se encontraron, en el equipo interior, evidencias de varios arcos eléctricos.
2. También se determinó que un conductor de cobre plateado que pasaba a través de una unidad de control de climatización cerca del mueble central había perdido su protección de Teflón y estaba dañado por el repetido abrir y cerrar de una pequeña puerta de acceso.
3. Este punto débil en el cableado pasaba, así mismo, cerca de una unión en una línea de refrigeración de glicol-etileno y agua que tenía fugas.
4. La electrolisis de la solución de glicol-etileno con el ánodo de plata constituía un peligro notable que podía causar violentas reacciones exotérmicas,

encendiendo la mezcla en la corrosiva atmosfera de oxígeno puro y a alta presión del CM.

5. La escotilla tenía un seguro que impedía abrirla hasta que las presiones interior y exterior eran iguales. Aún así, hubiera sido suficientemente rápido si no fuera porque el fuego mantenía la presión interior subiendo constantemente.
6. La escotilla se abría hacia el interior y no tenía un dispositivo pirotécnico para casos de emergencia.
7. Había demasiado material inflamable dentro de la cápsula.
8. El personal de tierra no tenía el material apropiado para manejar esta situación.

El proyecto se retrasó 20 meses mientras las cápsulas sufrieron un completo y cuidadoso rediseño. El CM Bloque I solo se usó para vuelos no tripulados mientras que los tripulados usaban el Bloque II.

Algunos de los cambios en el diseño del Bloque II fueron:

1. La presión de la cabina durante el lanzamiento era nominal y contenía un 40% de nitrógeno. Este se eliminaba progresivamente según prosperaba el vuelo.
2. Los trajes de nylon se reemplazaron por tejido Beta.
3. La escotilla se cambió para abrir hacia fuera.
4. Todos los materiales inflamables fueron reemplazados.
5. Tuberías y cableado fueron cubiertos con protección aislante.
6. 1,407 problemas de cableado fueron corregidos.

Algunas o todas estas mejoras probablemente salvaron a los astronautas del APOLLO XIII tres años más tarde.



TRAJE DE ASTRONAUTA TRAS EL INCENDIO

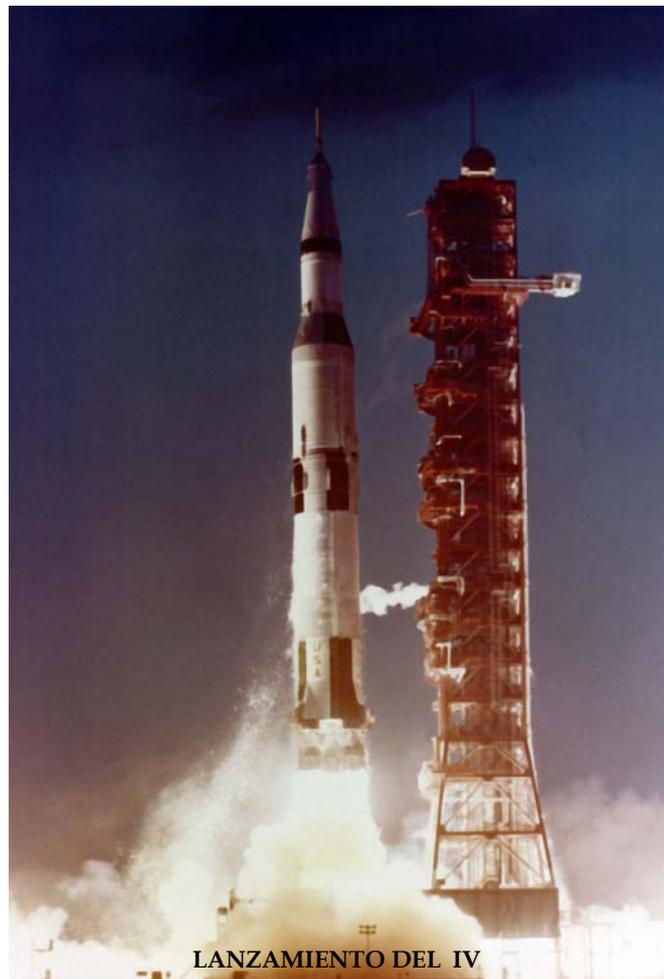
### **3. APOLLO II - APOLLO III**

Estas dos misiones se anularon y sus nombres nunca fueron usados.



#### 4. APOLLO IV

La misión no tripulada Saturno/Apollo IV (SA-501) se lanzó el 9 de Noviembre de 1967 desde el complejo 39-A y fue la primera en probar las tres etapas del Saturno V. Puso en órbita un Apollo CSM. La misión estaba diseñada para probar todos los aspectos del vehículo de lanzamiento y sacar fotografías de la Tierra con la cámara automática de apogeo del módulo de mando desde, aproximadamente, una hora antes hasta una hora después del apogeo. Los objetivos incluían probar la integridad estructural, compatibilidad del vehículo de lanzamiento, cápsula y protección



térmica. Globalmente, las operaciones de reentrada, cargas durante el lanzamiento y características dinámicas, subsistemas del vehículo de lanzamiento, el sistema de detección de emergencias y los sistemas de soporte de la misión y operaciones. La



misión se calificó como éxito.

Un encendido de la tercera fase (*S-IVB*) puso el vehículo (*S-IVB* y *CSM*) en una órbita terrestre estable de 184 x 192 km con un periodo de 88,2 minutos y una inclinación de 32,6 grados. Tras dos órbitas, el *S-IVB* se encendió nuevamente para simular una ignición trans-lunar, situando al vehículo en una órbita de intersección con la Tierra con un apogeo de 17.346 km. La fase *S-IVB* se separó entonces

del *CSM* y el sistema de propulsión de servicio (*SPS*) encendió durante 16 segundos aumentando el apogeo a 18.216 km. Posteriormente, el *SPS* se encendió de Nuevo durante 271 segundos para acelerar el *CSM* simulando la velocidad de retorno de un viaje lunar. Cuando el *SPS* se apagó, el Módulo de Mando (*CM*) y el de Servicio (*SM*) se separaron y se orientó el *CM* para la reentrada.

La reentrada en la atmosfera, a unos 122 km de altitud, ocurrió con un ángulo de vuelo de 7,077 grados y una velocidad de 40.104 km/h.

El *CM* cayó cerca de Hawái a las 20:37 GMT del 9 de Noviembre de 1967 a solo 16 km del lugar previsto.



## 5. APOLLO V

La misión no tripulada Apollo V (SA-204) fue la primera en probar un vuelo del LM. El lanzamiento fue desde el complejo 37-B el 22 de Enero de 1968 y el lanzador fue un Saturno 1B.

Los objetivos de la misión eran verificar las fases de descenso y ascenso, los sistemas de propulsión, las operaciones de re-arranque, la separación del LM y el funcionamiento del S-IVB y del IU. Así mismo, evaluar la estructura; esto no podía hacerse en tierra.

Después del lanzamiento, la segunda fase (S-IVB) puso el vehículo en una órbita terrestre de 163 x 222 km con un periodo de 88,3 minutos y una inclinación de 31,63 grados. El cono de protección frontal de descartó y después de 43' 52" el LM se separó del adaptador y entró en una órbita de 167 x 222 km con un periodo de 88,4' y una inclinación de 31,63 grados.

Había un plan para probar el sistema de propulsión de la fase de descenso (DPS) que debía encenderse durante 39 segundos y que se apagó solo 4 segundos más tarde. Esta



ignición estaba diseñada para simular la deceleración del descenso a la superficie lunar, pero se quedó corta debido a una rutina demasiado conservadora del



programa de vuelo. Se inició un plan alternativo en el que el DPS funcionaba 26" al 10% de empuje y luego 7" a máximo empuje. 32" más tarde, se ejecuta un tercer encendido del DPS dividido en 26" al 10% y 2" a máximo empuje. Para simular un aborto durante la fase de aterrizaje, el sistema de propulsión de ascenso (APS) se encendió al tiempo que el DPS se apagaba. El encendido del APS duró 60 segundos. Más tarde, otro encendido del APS de 6 minutos y 23 segundos consumió todo el combustible de la fase de ascenso; esta prueba dio información muy importante

acerca de las capacidades de los tanques de combustible del APS.

Transcurridas las 11 horas y 10 minutos del periodo de prueba, ambas fases del módulo lunar se dejaron en órbita para que eventualmente reentraran y se desintegraran.

A pesar del apagón inicial prematuro del DPS, la misión se consideró un éxito y se confirmó la operatividad de todos los sistemas del LM.



## 6. APOLLO VI

La misión no tripulada Saturno/Apollo VI (SA-502) era la que otorgaba la cualificación final del lanzador y de la cápsula para misiones tripuladas. Se lanzó el 4 de Abril de 1968 desde el complejo 39-A y llevaba un CSM y una maqueta a tamaño natural del LM. Los objetivos principales de la misión eran: demostrar la integridad estructural y térmica y la compatibilidad del lanzador y la cápsula, confirmar las cargas de lanzamiento y las características dinámicas, verificar la separación de las fases, propulsión, guía y control, sistemas de energía, detección de sistemas de emergencia y los complejos de soporte de la misión y operaciones, incluyendo la recuperación del módulo de mando.



Hubo tres problemas importantes durante esta misión. Dos minutos y cinco segundos después del lanzamiento, la estructura del Saturno V se vio sometida a unas severas oscilaciones tipo pogo <sup>(1)</sup>, aunque no indujeron daño alguno al vehículo. Debido a un problema de fabricación, sin relación con las oscilaciones, paneles de la estructura se desprendieron del adaptador del módulo lunar.



Finalmente, tras completarse el encendido de la primera fase, y durante el encendido de la segunda fase, dos de los cinco motores J-2 se apagaron prematuramente. No se consiguió adquirir la órbita terrestre circular de 175 km que estaba planificada sino una de 172,1 x 223,1 km y 89,8' de periodo. Tras

dos órbitas, la tercera fase no se re-encendió como estaba planeado y el sistema propulsor del SM se usó para subir el vehículo a un apogeo de 22.225,4 km, desde el que se simuló la reentrada de una eventual vuelta de la Luna a 36.025 km/h, algo menos que la planeada de 40.000 km/h. El CM cayó a 80 km del lugar previsto tras 9h 50' de vuelo y se recuperó en buenas condiciones.



- (1) *Oscilaciones Pogo*: Estas oscilaciones resultan en variaciones del empuje de los motores y causan variaciones de aceleración en la estructura del lanzador.



## 7. APOLLO VII

Fue la primera misión tripulada del Programa Apollo y el primer vuelo tripulado Americano desde que un fuego en la cabina mató a la tripulación de la que hubiera sido la primera misión tripulada, SA-204 (*renombrada Apollo 1*), durante un ejercicio en 1967. Se lanzó el 11 de Octubre de 1968 y fue una misión tipo C, *misión orbital terrestre de 11 días*, El primer lanzamiento tripulado de un Saturno 1B y la primera misión Americana con una tripulación de tres astronautas.

La tripulación principal era:

Posición	Astronauta
Comandante	Walter M. Schirra
Piloto del CM	Donn F. Eisele
Piloto del LM	R. Walter Cunningham



**Piloto del LM** fue el título oficial dado al tercer piloto en las misiones Bloque 2 independientemente de que hubiera vehículo LM o no.



La tripulación de reserva estaba formada por: Tom Stafford, John Young, and Gene Cernan

Esta misión llevaba un CSM Bloque II rediseñado. Se puso en órbita terrestre para que la tripulación probara el sistema de supervivencia, la propulsión y los sistemas de control. A pesar de la tensión entre la tripulación y los controladores de tierra, fue un éxito técnicamente, lo que dio a NASA la confianza para lanzar el Apollo VIII a la Luna

dos meses después. Sin embargo, este vuelo fue el último en que participaron sus tres astronautas.



Aunque la cabina del Apolo era más confortable que la del Gemini, 11 días en órbita cobraron su tasa a los astronautas. Schirra empezó quejándose de que las opciones de aborto en el lanzamiento eran precarias. Una vez en órbita, la cabina más espaciosa indujo mareos no previstos. A la tripulación tampoco les agradó la selección de comida para el vuelo.

El problema desencadenante fue que Schirra cogió un resfriado y como resultado se volvió irritable con las peticiones del Control; de esta manera, los tres astronautas empezaron a protestar las peticiones del CapCom (*persona designada por el Control para hablar con los astronautas*). Un ejemplo fue este cambio de opiniones entre Schirra y el CapCom tras una petición de este último de encender una cámara

de TV en la cabina:

Walter Schirra mira a través de la ventana frente a la posición de comandante en el novena día de la misión.

SCHIRRA: *Habéis añadido dos encendidos y un vertido exterior de orina al programa; tenemos un vehículo nuevo aquí, y ya os digo que en este punto la TV se retrasará hasta el próximo encuentro sin más discusión.*

CapCom (Jack Swigert): *Vale, copiado.*

SCHIRRA: *Vale.*

CapCom 1 (Deke Slayton): *Apollo VII, soy el CapCom número 1.*

SCHIRRA: *Vale.*

CapCom 1: *Todo lo que queremos es dar a un conmutador.*

SCHIRRA: *... con dos comandantes, Apollo VII.*

CapCom 1: *Lo que habíamos acordado para esta revolución es dar a un conmutador. No hay otras actividades asociadas con TV. Creo que estamos obligados a hacer eso.*

SCHIRRA: *No tenemos el equipo preparado; no hemos tenido la oportunidad de aprender la configuración; no hemos comido. Y además tengo un tremendo resfriado; rehúso cambiar nuestro programa de esta manera.*



Otro punto de tensión fue cuando Schirra expresó repetidamente su idea de que la reentrada debería hacerse sin el casco de astronauta, al contrario que en la experiencia previa en los Proyectos Mercury y Gemini. Temían el peligro de que sus tímpanos se rompieran debido a la presión que inducían sus resfriados, y querían tener la posibilidad de taparse la nariz y soplar para equalizar la

presión según aumentaba durante la reentrada. Esto era imposible con el Nuevo casco Apollo que era como estar dentro de una pecera sin partes movibles como los anteriores.

Durante la misión se instruyó a Schirra repetidas veces que el casco debería ir puesto por cuestiones de seguridad. En la conversación final, Control dejó claro a Schirra que tendría que responder por no seguir las instrucciones:

CapCom 1: *De acuerdo. Creo que debes de comprender claramente que no hay experiencia previa de una reentrada sin los cascos puestos.*

SCHIRRA: *Y tampoco la hay con los cascos quitados.*

CapCom: *En esa sí tenemos un montón de experiencia, si.*

SCHIRRA: *Si tuviéramos un visor abierto podría aceptarlo.*

CapCom: *De acuerdo. Supongo que estarás preparado para discutir en detalle porque no los tenías puestos. Creo que es demasiado tarde ahora para hacer nada al respecto.*

SCHIRRA: *Afirmativo. No creo que nadie ahí abajo haya llevado cascos tanto como nosotros.*

CapCom: *Si.*

SCHIRRA: *Los probamos esta mañana.*

CapCom: *Entendido. Lo único que nos preocupa es el amerizaje. No nos puede importar menos la reentrada. Es vuestro cuello, y espero que no os lo rompáis.*

SCHIRRA: *Gracias.*

CapCom: *Corto y fuera.*



Este tipo de intercambios hicieron que los tres astronautas del Apollo VII no volaran en ninguna otra misión.



## 8. APOLLO VIII

Esta fue la segunda misión tripulada del Proyecto Apollo, se lanzó el 21 de Diciembre de 1968 y fue el primer vehículo tripulado en salir de la órbita terrestre, llegar a la Luna, orbitarla y regresar salvos a la Tierra. La tripulación se convirtió en los primeros humanos en salir de órbita terrestre, los primeros en ver la Tierra en toda su magnitud, los primeros en ver la cara oculta de la Luna. Este fue el primer lanzamiento tripulado de un Saturno V y el primer lanzamiento desde el complejo LC 39-A.

La tripulación principal era:

<b>Posición</b>	<b>Astronauta</b>
<b>Comandante</b>	Frank Borman II
<b>Piloto del CM</b>	James Lovell Jr.
<b>Piloto del LM</b>	William Anders



La tripulación de reserva era: Neil Armstrong, Buzz Aldrin, and Fred Haise

La misión inicial se cambió a una mucho más ambiciosa porque el LM todavía no estaba listo para volar. Iba a ser una LM/CM en órbita elíptica terrestre y acabó como una misión de órbita lunar usando solo el CM. Esto obligó a la tripulación de Borman a volar de dos a tres meses antes de lo previsto dándoles mucho menos tiempo para entrenamiento y preparación y añadiendo más demandas de lo usual en su tiempo y disciplina.

El Apollo VIII llegó a la Luna en 3 días. Orbitó nuestro satélite 10 veces durante 20 horas y en este periodo se hizo una transmisión de TV el día de Nochebuena en la que se leyeron los primeros 10 versos del libro del Génesis. Dicha transmisión, fue la que acaparó el mayor número de espectadores hasta entonces. El éxito del Apollo VIII allanó el camino para que el Apollo XI consiguiera bajar un hombre a la Luna antes del fin de los 60. El Apollo VIII regresó a la Tierra el 27 de Diciembre de 1968 amerizando en el Pacífico Norte y siendo recuperado por el *USS Yorktown*.



LANZAMIENTO DEL APOLLO VIII

El Saturno V usado por el Apollo VIII tenía la designación SA-503, o sea: el tercer (03) modelo del Saturno V (5) del Programa Saturno-Apollo (SA). Cuando se ensambló en el VAB el 20 de Diciembre de 1967 se pensaba que iba a ser usado en

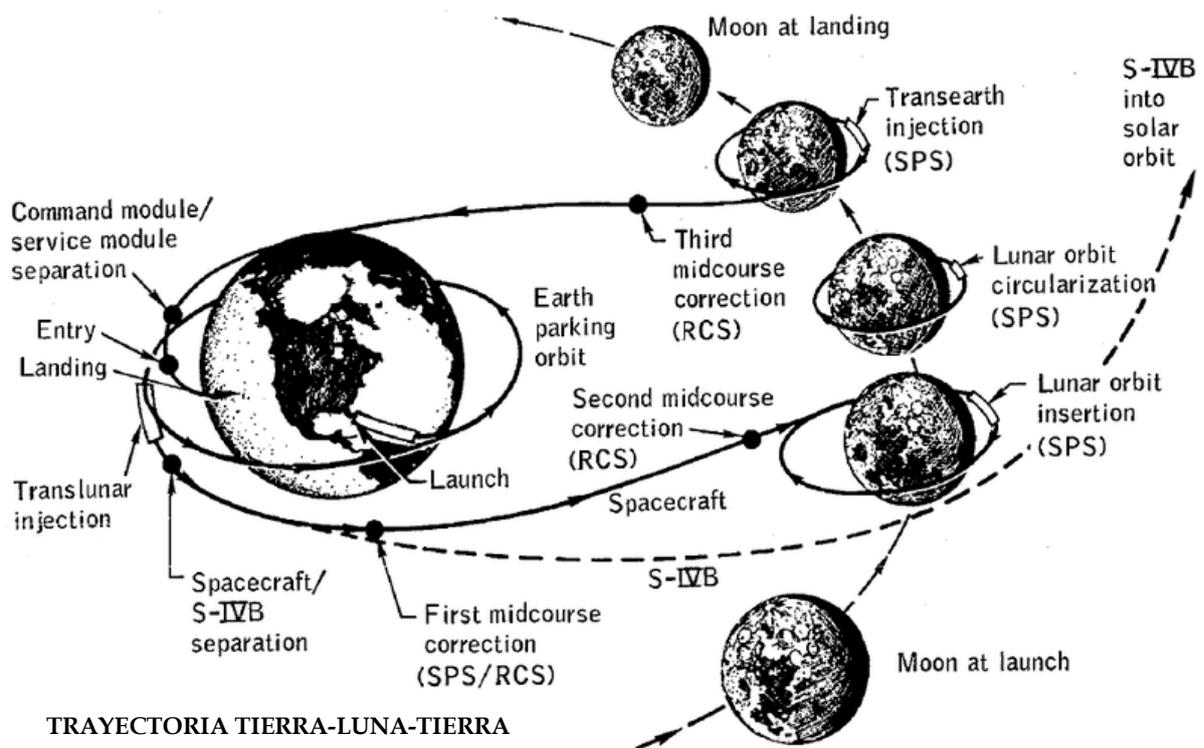


LA TIERRA VISTA DESDE EL APOLLO VIII

una misión no tripulada en órbita terrestre usando una maqueta del CSM. El Apollo VI había tenido varios problemas importantes durante su vuelo de Abril de 1968 incluyendo severas oscilaciones tipo pogo en su primera etapa, dos fallos en motores de la segunda etapa y una tercera etapa que no re-encendió en órbita. Sin una garantía de que estos problemas estaban arreglados, los administradores de NASA no podían justificar el riesgo de una misión tripulada hasta que pruebas no tripuladas adicionales probaran que el

Saturno V estaba listo.

Equipos del Marshall Space Flight Center (MSFC) se pusieron a trabajar en los problemas. El más preocupante era el de las oscilaciones pogo que, no solo podían afectar el funcionamiento de los motores, también podían ejercer fuerzas G significantes a la tripulación. Un grupo de contratistas, representantes de NASA y MSFC concluyeron que los motores vibraban a una frecuencia similar a la del vehículo y producían un efecto de resonancia. Se diseñó e instaló un sistema, usando helio, para absorber parte de estas vibraciones.



De similar importancia era el fallo de tres motores durante el vuelo. Los investigadores determinaron que un conducto de hidrógeno se rompió cuando se expuso al vacío, perdiendo presión en el motor dos. El sistema automático de seguridad cerró la válvula del motor dos pero, accidentalmente cerró la válvula de oxígeno del motor tres debido a un cableado incorrecto. Como resultado el motor tres falló un segundo después del apagado del dos. La



La medalla conmemorativa de la misión Apollo 8 muestra a los tres astronautas: Boran, Lovell y Anders. El texto en la medalla dice: 'BORNIAN LOVELL ANDERS', 'APOLLO 8', 'DECEMBER 21-27, 1968'. La medalla de la derecha tiene el texto: 'FIRST LUNAR APOLLO FLIGHT', 'IN APPRECIATION FOR YOUR CONTRIBUTION TO THE APOLLO SATURN PROJECT THE APOLLO 8 CREW CARRIED METAL IN THIS MEDALION ON THEIR FIRST FLIGHT TO THE MOON'.

investigación posterior reveló el mismo problema en la tercera fase. El equipo modificó los conductos de encendido y de combustible, esperando que los problemas no reaparecieran en lanzamientos posteriores.

Los equipos probaron sus soluciones en Agosto de 1968 en el Marshall Space Flight Center. Un Saturno IC se equipó con los amortiguadores diseñados para solucionar el problema de las oscilaciones. Al mismo tiempo, una fase II se modificó con los nuevos conductos para demostrar su



resistencia a las fugas y fallos en condiciones de vacío. Una vez que los administradores de NASA se convencieron que los problemas estaban resueltos, dieron su aprobación para un vuelo tripulado usando el SA-503.

La cápsula Apollo VIII se colocó en el lanzador el 21 de Septiembre y el vehículo hizo los 5 km a la plataforma de lanzamiento el 9 de Octubre. Las pruebas continuaron sin pausa hasta el día anterior al lanzamiento en Diciembre; esto incluyó varios tipos de pruebas especiales desde el 5 al 11 de Diciembre. La prueba final para determinar si se habían corregido los problemas de las oscilaciones pogo, los conductos de combustible y los conductos de encendido tuvo lugar el 18 de Diciembre, solo tres días antes del lanzamiento.



## 9. APOLLO IX

Esta fue la tercera misión tripulada del Programa Apollo y la primera con el Módulo de Mando y Servicio (CSM) y el Módulo Lunar (LM).

El propósito principal era probar varios aspectos críticos para el aterrizaje en la Luna incluyendo motores, mochilas de supervivencia, sistemas de navegación y procedimientos de acoplo y, como tal, era solo un vuelo orbital terrestre.

Era la segunda misión tripulada de un Saturno V.



La tripulación principal era:

<b>Posición</b>	<b>Astronauta</b>
<b>Comandante</b>	James McDivitt
<b>Piloto del CM</b>	David Scott
<b>Piloto del LM</b>	Rusty Schweickart

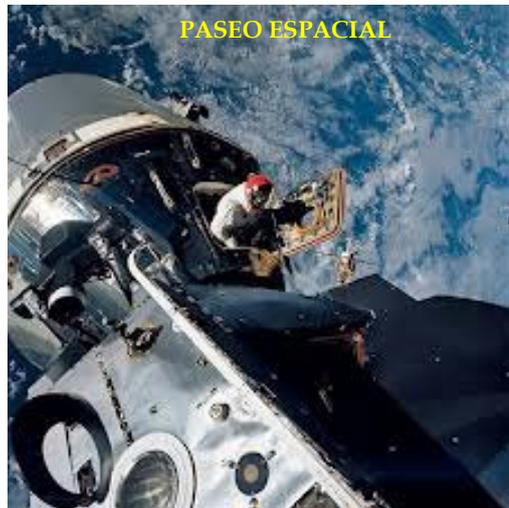


La tripulación de reserva era: Pete Conrad, Dick Gordon, and Alan Bean.



Se lanzó el 3 de Marzo de 1969 desde el LC 39-A y permanecieron diez días en órbita terrestre. Consiguieron el primer vuelo tripulado de un LM y su primer ensamblaje y extracción, dos paseos espaciales y el segundo ensamblaje de dos vehículos tripulados (*Esto ocurrió dos meses después de que los Soviéticos consiguieran transferir una tripulación entre el Soyuz 4 y el Soyuz 5 mediante un paseo espacial*). El vuelo probó que el LM cumplía las expectativas. Pruebas posteriores en el Apollo X demostraron la preparación del LM para su aterrizaje en la Luna.

El Apollo IX fue la primera prueba espacial de un vehículo Apollo completo, incluyendo la tercera pieza imprescindible además del CSM y el Saturno V—el Módulo Lunar (LM)—. Fue, así mismo, el primer ensamblaje de dos vehículos espaciales con transferencia interna de tripulación entre ellos. Durante diez días, los astronautas hicieron pasar los dos vehículos por todas las pruebas posibles para demostrar la fiabilidad de ambos. Esto incluyó ensamblajes como los que harían en el proyecto lunar. El Apollo IX probó que estaba a la altura de todas las tareas críticas de las que las vidas de la tripulación que iría a la Luna dependían.



Para esta misión y los subsecuentes vuelos Apollo, se permitió a las tripulaciones dar nombres a sus vehículos, (*el último en ser*



*nombrado fue el Gemini 3*). Dado su aspecto, al LM se le puso el nombre de *Spider (Araña)*, mientras que al CSM se le bautizó como *Gumdrop (Gominola)* por su aspecto redondeado y porque cuando llegó al Kennedy Space Center venía con una envoltura azul. Estos nombres se requerían cuando las naves volaban independientes una de otra y se llamaba a una en particular.

Schweickart y Scott llevaron a cabo un paseo espacial (EVA). Schweickart probó el Nuevo traje Apollo, el primero en llevar su propio sistema de supervivencia en lugar de depender de una conexión umbilical con la nave. Scott filmó la acción desde una ventana del Módulo de Mando. Schweickart tenía previstas más actividades para probar el traje, como demostrar que era posible hacer un paseo espacial desde el Módulo lunar al Módulo de Mando en un caso de emergencia pero las pruebas extra se cancelaron debido a que Schweickart sufría de *enfermedad espacial* y se sentía bastante mal.



McDivitt y Schweickart también probaron el vuelo del LM, y practicaron maniobras de ensamblaje y separación. Se llevaron el LM hasta 179 km de Gominola, usando primero el motor de la etapa de descenso antes de separarse de ella, y usando luego el motor de la etapa de ascenso para volver. Este vuelo de prueba fue el primer vuelo tripulado no equipado para hacer una reentrada en la atmosfera terrestre.



El punto de amerizaje estaba a 23 grados 15 minutos norte, 67 grados 56 minutos oeste, 290 km al este de Las Bahamas y a la vista del *USS Guadalcanal*. El Apollo IX fue el último vehículo que amerizó en el Atlántico.



## 10. APOLLO X

Fue la cuarta misión tripulada del Programa. Se lanzó el 18 de Mayo de 1969. Era una misión tipo F y su propósito era hacer un *ensayo con vestuario* para el Apollo XI, probando todos los procedimientos y componentes para un aterrizaje lunar pero sin llegar a la superficie. La misión incluyó la segunda tripulación en orbitar la Luna y en hacer una prueba total del LM en órbita lunar. La tripulación se acercó a 15,6 km de la superficie lunar durante estas pruebas.

Según el libro *Guinness* de 2002 el Apollo X consiguió el record de velocidad de un vehículo tripulado en 39.897 km/h durante su regreso de la Luna el 26 de Mayo de 1969.

La tripulación principal fue:

Posición	Astronauta
Comandante	Thomas P. Stafford
Piloto del CM	John W. Young
Piloto del LM	Eugene A. Cernan



La de reserva estaba compuesta por: Gordo Cooper, Donn Eisele, and Ed Mitchell

Dado el uso de sus nombres como llamada, *Charlie Brown* y *Snoopy*, del creador de *Peanuts* Charles Schulz, se convirtieron en mascotas semioficiales de la misión. Así mismo, trabajó en dibujos para NASA.



El Apollo X marcó el único lanzamiento de un Saturno V desde el LC 39-B, ya que las preparaciones para el Apollo XI en el LC 39-A ya habían comenzado en Marzo tras el Apollo IX.

El Apollo X fue la primera, de solo dos misiones, con una tripulación completa de veteranos. Stafford había volado en el Gemini 6 y 9, Young había volado en el Gemini 3 y 10, y Cernan había volado con Stafford en el Gemini 9.

También fueron la única tripulación que voló en subsecuentes misiones Apollo: Stafford fue comandante en el Apollo-Soyuz, ASTP (*Apollo Soyuz Test Project*); Young fue comandante en el Apollo XVI, y Cernan fue comandante en el Apollo XVII.

La tripulación del Apollo X cuenta con el record de ser los humanos que han viajado más lejos de casa, 408.950 km.

Orbitaron la Luna a 111 km de la superficie como todos los



LANZAMIENTO DELAPOLLO X

otros Apollo, sin embargo en este caso (dado que la distancia Tierra - Luna varia unos 43.000 km entre apogeo y perigeo a lo largo del año y que la rotación terrestre hace variar la distancia a Houston en otros 12.000 km diarios) la tripulación del Apollo X alcanzó el punto más alejado en su órbita alrededor de la Luna al mismo tiempo que la Tierra había rotado poniendo a Houston un diámetro terrestre más lejos.

Esta prueba *con vestuario* para un aterrizaje en la Luna acercó el Módulo lunar Snoopy con Stafford y Cernan a 15,6 km de la superficie lunar. Este bajo acercamiento orbital servía para refinar el potencial lunar necesario para calibrar el sistema de navegación de descenso motorizado hasta al menos

1,9 km. Dentro del margen del detector de baja altura (*Low Range altitude update lock*) necesario para aterrizar.

Observaciones hechas desde la Tierra, vehículos robotizados, y el Apollo VIII habían permitido calibraciones a 370 km, 37 km, y 9,3 km respectivamente. Exceptuando ese último tramo, la misión transcurrió exactamente como hubiera ido en el caso de



EL LM TRAS LA SEPARACIÓN

aterrizaje, en ambos, espacio y Control terrestre, con lo que el ejercicio se consideró un exitoso *ensayo con vestuario*.



SEPARACIÓN DE LAS FASES DE ASCENSO Y DESCENSO

El Apollo X fue el primero en llevar una cámara de TV en color en la cabina e hizo la primera transmisión de TV en vivo desde el espacio.

Una vez en órbita lunar, Young permaneció solo en el CM mientras que Stafford y Cernan se separaron en el LM donde comprobaron el radar y el motor de ascenso, (*tuvieron un momento de giro incontrolado de la fase de descenso debido a un conmutador en posición errónea*), y

verificaron el lugar de aterrizaje del Apollo XI. NASA se aseguró de que Stafford y Cernan no intentarían aterrizar. Según Cernan, *!Mucha gente pensó en la clase de personas que éramos: No deis a esos pilotos la oportunidad de aterrizar porque puede que lo hagan! Así que el módulo de ascenso no tenía combustible suficiente para tal maniobra. Si hubiéramos aterrizado, no hubiéramos podido salir*. El LM del Apollo X llevaba 13.941 kg, comparado con los 15.095 kg que usó el LM del Apollo XI LM cuando hizo el primer aterrizaje.

Después de la separación de la etapa de ascenso y el encendido del motor, el LM empezó a girar violentamente porque la tripulación accidentalmente duplicó una orden en el ordenador de vuelo que sacó al LM fuera de *modo de aborto* (*la configuración correcta para la separación orbital y el encendido*). Dado que se transmitía en directo, todos oyeron a Cernan and Stafford jurar varias veces mientras conseguían recuperar el control del LM. Cernan dijo que mientras el incidente era observado por NASA, el giro incontrolado estuvo cerca de ser irrecuperable.

Aterrizaje ocurrió en el Océano Pacífico el 26 de Mayo de 1969, a las 16:52:23 GMT, aproximadamente 740 km al este de Samoa. Los astronautas fueron recuperados por el *USS Princeton*, y llevados subsecuentemente al aeropuerto internacional de Pago Pago en Tafuna donde se les obsequió con una recepción antes de volar en un avión de carga C-141 a Honolulu.



La etapa de descenso del LM, Snoopy, se dejó en órbita, pero eventualmente se estrelló en la superficie lunar debido al poco uniforme campo gravitacional de la Luna. Su impacto no fue seguido.

Tras la separación, la etapa de ascenso del Snoopy salió de la órbita lunar y entró en una trayectoria heliocéntrica convirtiéndola en la única etapa de ascenso del LM que permanece intacta de las 10 enviadas al espacio. Todas las demás fueron, bien dejadas en órbita lunar para impactar en su superficie eventualmente (*para obtener lecturas de los sismómetros dejados en la superficie lunar*) o volatilizadas en la atmósfera

terrestre. La localización de Snoopy es desconocida por el momento pero astrónomos amateur todavía la buscan.

El módulo de mando Charlie Brown está en préstamo en el museo de Ciencia de Londres, donde lo tienen expuesto. El módulo de Servicio del Charlie Brown se separó antes de la reentrada y se volatilizó en la atmosfera terrestre.

Después del Apollo X, NASA pidió a los astronautas que eligieran nombres más dignos para los módulos de mando y lunar.

## ANEXO

1. Siguiendo la rotación normal durante el Proyecto Apollo, la tripulación de reserva hubiera volado en el Apollo XIII. Sin embargo, el puesto de comandante del Apollo XIII se le dio a Alan Shepard. L. Gordon Cooper, Jr., Comandante de la tripulación de reserva del Apollo X se sintió frustrado y abandonó NASA. Más tarde, la tripulación de Shepard fue forzada a cambiar su lugar con la tripulación tentativa del Apollo XIV de Jim Lovell.
2. Deke Slayton escribió en sus memorias que Cooper y Eisele nunca fueron tenidos en cuenta para rotar a otra misión ya que ambos habían perdido el favor de la dirección de NASA por varios motivos. (*Cooper debido a su poco interés en el entrenamiento y Eisele por los incidentes del Apollo VII y por una aventura extramarital*). En su día fueron asignados como tripulación de reserva porque no había suficientes astronautas cualificados en la Oficina de Astronautas cuando había que designar los puestos., Slayton comentó que Cooper tenía muy pocas probabilidades de ser asignado como comandante del Apollo XIII aunque hubiera hecho un trabajo excepcional, que no hizo. Eisele, a pesar de sus problemas con la dirección de NASA, tenía previsto un puesto en el futuro Programa de Aplicaciones Apollo (*que eventualmente fue eliminado excepto por el Skylab*) pero no una misión lunar.



## 11. APOLLO XI

### ***Apollo XI (El viaje a la Luna)***

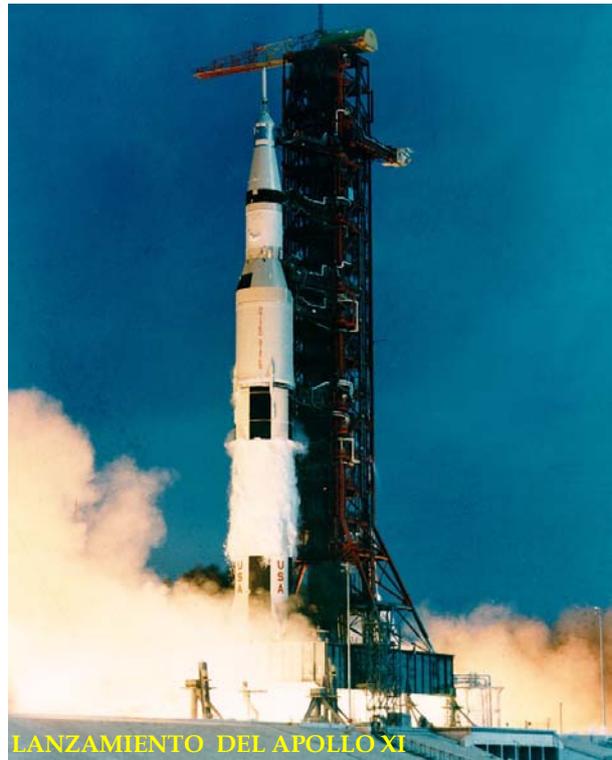
Era la quinta misión tripulada del Programa Apollo y la primera que planeaba posarse en la Luna.

El 16 de Julio de 1969 a las 13:32:00 GMT el lanzador más potente jamás construido, un Saturno V (SA-506), salió del LC 39-A en el Kennedy Space Center, Florida. La misión, poner a dos astronautas en la superficie lunar tal como el Presidente John F. Kennedy había urgido al Congreso en 1961 cuando dijo, *Creo que esta nación debería proponerse conseguir la hazaña, antes del fin de esta década, de poner un hombre en la Luna y devolverle sano a la Tierra.*

El Proyecto se inició antes de 1960 con sus dos predecesores, los Proyectos Mercury y Gemini. Entonces, el 27 de Enero de 1967 un accidente en el Apollo I (SA-204), que iba a ser lanzado el 21 de

Febrero, mató a sus tres tripulantes durante una simulación. Este accidente retrasó el Proyecto total durante 20 meses mientras se analizaron las causas.

La tripulación principal y la de reserva de este vuelo eran:



Principal:

<b>Posición</b>	<b>Astronauta</b>
<b>Comandante</b>	Neil A. Armstrong
<b>Piloto del CM</b>	Michael Collins
<b>Piloto del LM</b>	Edwin E. Aldrin Jr.



Reserva:

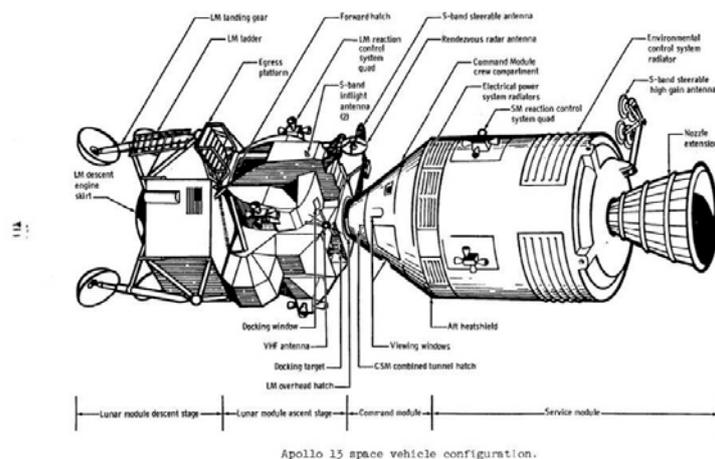
<b>Posición</b>	<b>Astronauta</b>
<b>Comandante</b>	James A. Lovell Jr.
<b>Piloto del CM</b>	William A. Anders
<b>Piloto del LM</b>	Fred W. Haise Jr.



## A la Luna

La tercera etapa puso el vehículo en órbita mientras que los Controladores de tierra y los astronautas verificaron todo el equipo y funcionamiento de la instrumentación. En el punto justo de la trayectoria, la tercera etapa encendió de nuevo durante 6' y el vehículo adquirió velocidad de escape.

Este último encendido era conocido como Inyección Trans Lunar (TLI) y ponía el Apollo camino a la Luna. Tras comprobar todos los parámetros, equipo y variables la trampilla que protegía al LM se abrió y el CSM hizo una maniobra de evasión, giró 180° y retornó para ensamblarse con el LM y extraerlo del S-IVB.



CONFIGURACIÓN NORMAL CSM/LM

Otra pequeña maniobra de evasión y el Apollo, compuesto por el SM, CM y LM estuvo en su Trayectoria Trans Lunar (TLC). La trayectoria del S-IVB se varió para evitar una posible colisión con el Apollo.

Los siguientes tres días y medio fueron tranquilos. Habían programado cuatro correcciones de trayectoria pero solo hizo falta una dada la precisión del vuelo. Adicionalmente, la tripulación hizo una transmisión de TV en color a la Tierra.



El 18 de Julio Armstrong y Aldrin, con sus trajes espaciales, pasaron al LM para hacer una segunda transmisión de TV y comprobaciones de equipo.

El 19 de Julio la nave fue capturada por la gravedad lunar y se produjo la Inserción en Órbita Lunar (LOI) tras un tiempo de misión (MET) de 75 horas y 50 minutos haciendo un encendido retrógrado de 357,5 segundos. Esta maniobra colocó el vehículo en una órbita elíptica de 200 x 100 km. Un segundo encendido la circuló aproximadamente a 100 km.

El 20 de Julio de 1969 el *Águila (LM)* se separó del *Columbia (CM)*. Michael Collins, solo a bordo del Columbia, inspeccionó el *Águila* desde una ventana de la cabina para asegurarse de que el LM tenía buen aspecto y no estaba dañado.

Al comenzar el descenso, los astronautas vieron que pasaban los puntos de referencia 4 segundos antes de tiempo así que reportaron que iban más lejos de lo previsto y que aterrizarían varios km al oeste del objetivo. Cinco minutos después del encendido del motor de descenso, y a 1.800 m de la superficie, el ordenador de navegación y guía del LM empezó a producir inesperadas alarmas de programa 1202 y 1201. El ingeniero informático del Centro de Control de la



Misión en Houston, *Jack Garman*, dijo al oficial de guía *Steve Bales* que podían continuar el descenso, que las alarmas eran indicaciones de sobrecarga de ejecuciones porque el ordenador de guía no podía completar todas sus tareas en tiempo real y posponía alguna de ellas.

Cuando Armstrong miró afuera de nuevo, notó dos cosas, primera, que el punto de aterrizaje estaba en un área rocosa al noreste de un cráter de 300 m de diámetro (*el cráter en cuestión resultó ser el West cráter*), y, segunda, que todo el entorno cercano estaba lleno de rocas. Activó el control semiautomático y con

Buzz Aldrin dando los datos de altura y velocidad, aterrizaron a las 20:17 GMT el 20 de Julio de 1969 con solo 17 segundos de combustible.

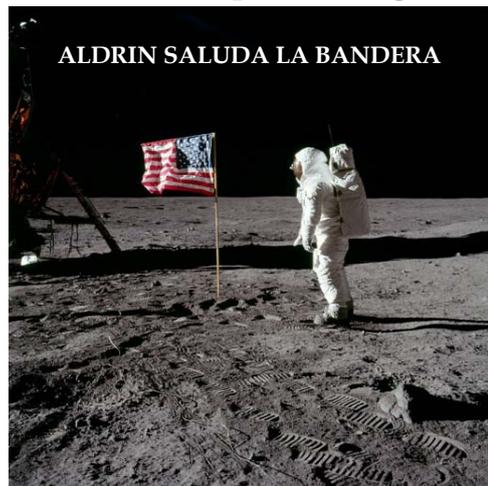


CHARLES DUKE EN EL CONTROL

Armstrong completó la lista de comprobaciones del aterrizaje antes de su frase al Control de Houston: *Houston, Aquí Base de la Tranquilidad. El Águila ha aterrizado.* El cambio de la llamada de Neil Armstrong de *Águila* a *Base de la Tranquilidad* causó un momento de confusión en el Control de la Misión y Charles Duke permaneció en silencio un par de segundos

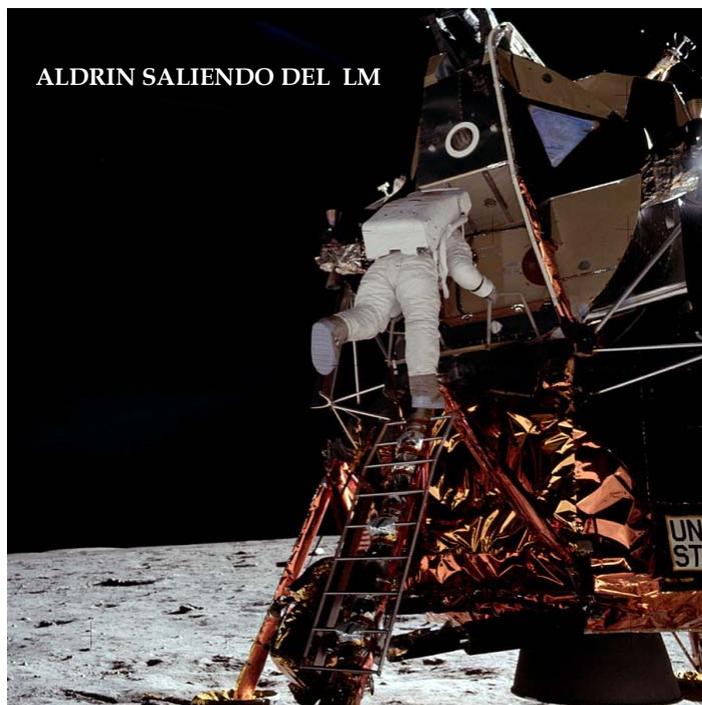
antes de expresar el alivio de todos: *Bien, Twan – Tranquilidad, te copiamos en tierra. Hay un montón de gente tornándose azul. Respiramos de Nuevo. Gracias mil.*

A las 02:39 GMT del lunes 21 de julio de 1969, Armstrong abrió la escotilla y a las 02:51 GMT inició su descenso a la superficie lunar. La unidad de control remoto de su pecho le impedía ver sus pies. Bajando por la escalera de nueve peldaños, Armstrong tiró de un anillo "D" para desplegar el Montaje de Almacenamiento del Equipo Modular (MESA),



ALDRIN SALUDA LA BANDERA

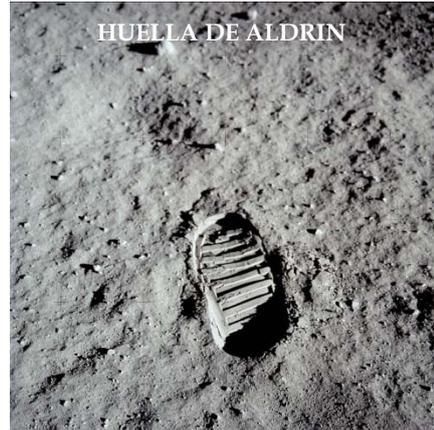
adosado al Águila, activó la cámara de TV y a las 02:56:20 GMT puso el pie en la Luna.



ALDRIN SALIENDO DEL LM

Tras describir la superficie como, *granos muy finos y casi como polvo*, Neil Armstrong pisó fuera de la pata del Águila y dijo su famosa frase. *Este es un paso pequeño para un hombre, un salto gigante para la humanidad.* Buzz Aldrin se le unió 13 minutos más tarde y describió la vista como *Magnífica desolación*. Recogieron rocas lunares y otros materiales (21,55 kg). También desplegaron un experimento de composición del viento solar que luego fue recuperado.

Montaron una estación científica (*EASEP*), que incluía un experimento pasivo de sismos y un retro reflector de laser y desplegaron la bandera de los EEUU. Estando en la superficie recibieron una llamada del Presidente Richard Nixon quien describió la llamada como *La llamada de teléfono más histórica hecha desde la Casa Blanca*.



El tiempo total de estancia en la Luna fue de 21 h 36 m y a las 17:54 GMT, despegaron en la etapa de ascenso llevando 21,5 kg de material lunar. Según ascendían, Aldrin tuvo el tiempo justo de ver como



los gases del motor derribaban la bandera. Al alcanzar la órbita lunar, el LM se encontró con el CSM, como estaba previsto, y se ensamblaron sin problemas. CMP Collins se alegró de tenerlos otra vez con él en el Columbia ya que había tenido poco que hacer mientras ellos estaban en la superficie de la Luna.

Una vez que todas las muestras habían sido transferidas al Columbia y la escotilla cerrada, se deshicieron del Águila. Era hora de volver, se aseguró todo el equipo, materiales y muestras lunares. Entonces prepararon el

ordenador e introdujeron los parámetros del encendido.

## La vuelta a casa

Se reorientó la nave para dirigir el retorno a la Tierra tras lo cual el CSM estaba listo. Mientras aún estaban en la parte oculta de la Luna hicieron el Encendido Hacia la Tierra (*TEI*) usando el motor del SM para adquirir la velocidad de escape adecuada. Entonces, otros tres días y medio de tranquilidad en Control Térmico Pasivo (*PTC*).

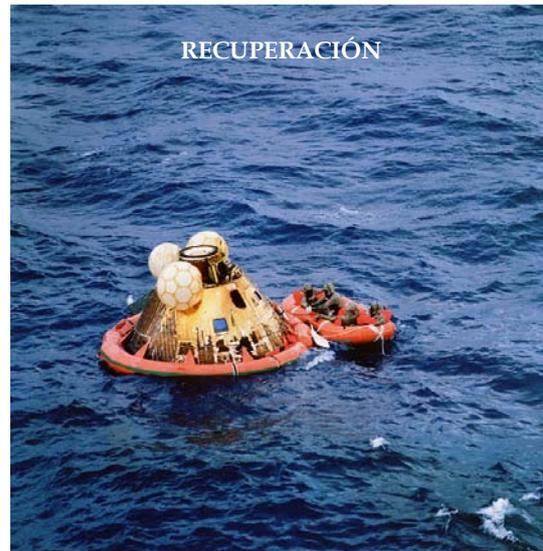
El 23 de Julio, en la última noche antes del amerizaje, hicieron una transmisión de TV y se prepararon para la reentrada. Primero se pusieron los trajes de astronauta y tras



comprobar el ángulo de reentrada se deshicieron del SM.

El 24 de Julio a las 05:45 GMT, los paracaídas de frenado se abrieron y a las 11:51 GMT el Módulo de Mando amerizó en el Océano Pacífico. Los astronautas cayeron al mar justo antes de amanecer a 2.660 km al este del Atolón de Wake y a 24 km del barco de recuperación, *USS Hornet*.

El Módulo de Mando cayó boca abajo pero se enderezó gracias a unos flotadores que la tripulación hizo inflarse. *Todo bien, comprobaciones terminadas. Esperando a los buceadores*, fue la última transmisión oficial de Armstrong desde el *Columbia*. Un buceador del helicóptero de la Navy enganchó un ancla al Módulo de Mando para evitar que el movimiento. Buceadores adicionales colocaron flotadores especiales para estabilizar el módulo y colocaron lanchas para extraer la tripulación. Aunque la posibilidad de traer patógenos de la superficie lunar era remota se pensó en su posibilidad y, así, como parte de las precauciones excepcionales requeridas por



NASA, los buceadores entregaron a los astronautas unos Trajes de Aislamiento Biológico (BIGs) que se pusieron en el acto y llevaron hasta

ASTRONAUTAS EN LA CABINA DE CUARENTENA



llegar a la cámara de aislamiento a bordo del *Hornet*. Adicionalmente, se les lavó con una solución de hidróclorato sódico y el Módulo de Mando se limpió con Betadine para eliminar cualquier resto de polvo lunar presente. La balsa que contenía los materiales de descontaminación se hundió ex profeso.

Un segundo helicóptero *Sea King* elevó a los astronautas uno a uno y el Médico del vuelo les hizo unas rápidas pruebas físicas durante el viaje de 930 m al *Hornet*.



Después de llegar al Hornet, los astronautas bajaron para saludar y fueron trasladados, junto con el helicóptero, a la bahía del hangar # 2 donde caminaron los 9,1 m hasta la Instalación Móvil de Cuarentena (MQF) donde permanecerían los siguientes 21 días en cuarentena.

El Presidente Nixon, que estaba en el Hornet para saludar a los astronautas personalmente, les dijo, *Como resultado de lo que habéis hecho, el mundo nunca ha estado con todos tan juntos anteriormente.*



## Datos adicionales del vuelo del Apollo XI

1. En el momento del crítico encendido trans-lunar, problemas con el ordenador del barco de seguimiento *Mercury* forzaron al Controlador de la Red a aguantar con el *Redstone* todo lo posible. Se aguantó hasta la inminente pérdida de señal del *Redstone*. Cuando la señal se pasó al *Mercury*, este experimentó numerosas pérdidas y los datos de navegación eran prácticamente desechables. Se decidió pasar el control a la Estación de Hawái. Todo este proceso duró unos 3 minutos.
2. La causa de las alarmas 1202 y 1201 durante la misión se diagnosticó como que el radar de ensamblaje estaba en la posición errónea con lo que el procesador recibía información del radar de aterrizaje y de ensamblaje a la vez. Sin embargo, en 2005 el ingeniero de informática *Don Eyles* concluyó que el problema era realmente de diseño que se había observado por primera vez en el Apollo V.
3. Las fotografías existentes de la zona de aterrizaje tenían una resolución de 15 m, de ahí que Armstrong encontrara tantas rocas cuando estaba en control manual.
4. El Apollo XI aterrizó con menos combustible que otras misiones, y los astronautas experimentaron, así mismo, una indicación de bajo nivel de combustible. Se determinó que estaba causado por un derrame de combustible mayor de lo esperado debido a un sensor incorrecto. En misiones subsiguientes este problema se corrigió.
5. Este primer aterrizaje usó TV de baja resolución que era incompatible con la comercial. El video se puso en un monitor especial y una cámara convencional filmó el monitor, reduciendo considerablemente la calidad de la imagen.
6. Un momento antes del aterrizaje, un indicador informó a Aldrin que, al menos, uno de los sensores de 170 cm que colgaban de las patas había tocado tierra, así que dijo: *Contacto suave*. 3 segundos después, el Águila aterrizó y Armstrong dijo, *Apagado*. Aldrin contestó inmediatamente, *OK, motor apagado. Retención fuera*. Armstrong confirmó, *Retención fuera. Auto* y Aldrin continuó, *Modo de control - ambos auto. Comando manual del motor de descenso apagado*. Charles Duke, que estaba al habla con ellos dijo, *Te copiamos en el suelo, Águila*.
7. Dos horas y media después del aterrizaje, antes de prepararse para el EVA, Aldrin se dirigió al Control de la Misión:

*Este es el piloto del LM. Quiero usar esta oportunidad para pedir a todos los que me escuchan, quienquiera que sean y dondequiera que estén, que hagan una pausa, contemplen los eventos de las últimas horas, y den las gracias en su nombre y a su manera.*

Entonces, privadamente, tomó la comunión. NASA tenía un conflicto en los tribunales sobre una ley que impediría a los astronautas

cualquier tipo de actividad religiosa en el espacio. Aldrin, lógicamente, no mencionó la comunión.

8. Armstrong tuvo algún problema para salir del LM debido a su mochila de supervivencia. Un cambio en el diseño del LM incorporaba una escotilla más pequeña sin pensar en rediseñar la mochila. Las más altas pulsaciones de los astronautas fueron medidas durante la salida y entrada al LM.
9. Armstrong comentó que moverse en gravedad lunar,  $1/6$  de la de la Tierra, era *incluso más fácil que en las simulaciones...No hay, absolutamente, ningún problema moverse aquí*. Aldrin se le unió en la superficie y probó varios métodos para moverse, incluyendo saltos tipo canguro. La mochila creaba una tendencia a irse hacia atrás pero ninguno tuvo problemas en mantener el equilibrio. Los astronautas dijeron que necesitaban planificar sus movimientos con seis o siete saltos de antelación dado lo resbaloso del polvo lunar. Aldrin comentó, además, que pasar de la luz solar a la sombra de Águila no producía cambio de temperatura en el traje pero que sí notaba un pequeño cambio en el casco.
10. Cuando el Presidente Nixon habló con los astronautas tenía preparado un largo discurso, pero Frank Borman, que estaba en la Casa Blanca como representante de NASA pidió a Nixon que mantuviera una charla corta y que respetara el aterrizaje lunar como un legado de Kennedy.
11. En esta misión llevaban un martillo geológico pero solo se usó una vez por Aldrin ya que usaban sus palas con mango largo para recoger muestras. Muchas de las tareas duraron más de lo esperado así que dejaron de documentar las muestras.
12. Durante este periodo, en el Control de la Misión tenían una frase especial para pasar a Armstrong en el caso de que sus constantes subieran. Se movía rápidamente de sitio a sitio pero sus constantes se mantuvieron por debajo de lo esperado. Control concedió una extensión de 15' a los astronautas.
13. Aldrin entró en el Águila el primero. Luego subieron el film y dos cajas de muestras con más de 22 kg de material lunar usando un cable especial llamado el *LEC*. Armstrong recordó a Aldrin de una bolsa de recuerdos que llevaba en un bolsillo de su traje y este lo dejó en la superficie. Abandonaron, también, sus mochilas, zapatos lunares, cámara Hasselblad y equipo no necesario, presurizaron el LM y se dispusieron a dormir.
14. Aldrin rompió accidentalmente el interruptor para encender el motor de ascenso. Con un bolígrafo solucionó el problema pero si esto no hubiera funcionado, se hubiera encendido cambiando la programación.
15. La bolsa de recuerdos que dejaron contenía una réplica de una rama de olivo en oro como símbolo de paz y un disco de silicona. El disco lleva los deseos de los Presidentes: Eisenhower, Kennedy, Johnson y Nixon, y mensajes de líderes de 73 países. Así mismo, llevaba una lista con nombres del Congreso, Senado, NASA, etc. (*En su libro, Hombres de la*

Tierra, Aldrin dice que los recuerdos incluían medallas Soviéticas de los cosmonautas Vladimir Komarov y Yuri Gagarin). Deke Slayton dice en su libro *A la Luna* que Armstrong llevaba un pin de astronauta con diamantes del propio Slayton.

16. En su última aparición de TV Collins comentó,

*El Saturno V que nos puso en órbita es un increíble trabajo de ingeniería que funcionó a la perfección...Siempre confiamos en que funcionaría así. Esto fue posible gracias al trabajo, sudor y lágrimas de mucha gente...Todo lo que veis somos nosotros tres pero, por debajo, hay miles y miles de otros, y a todos ellos quiero decirles "Muchas gracias".*

17. Aldrin añadió,

*Esto ha sido mucho más que tres hombres en una misión a la Luna; Más que el esfuerzo de un gobierno y un equipo industrial; Más que los esfuerzos de una nación. Creemos que esto es un símbolo de la insaciable curiosidad de la humanidad de explorar lo desconocido...Personalmente, recordando los eventos de estos últimos días, un verso de Los Salmos me viene a la mente. `Cuando considero los cielos, el arte de Tus dedos, la Luna y las estrellas que Has ordenado; ¿qué es el hombre que Has hecho consciente de sí mismo?´.*

18. Armstrong concluyó,

*La responsabilidad de este vuelo cae primero con la historia y con los gigantes de la ciencia que lo han hecho posible; luego con los ciudadanos Americanos que han, por su mandato, indicado sus deseos; luego con cuatro administraciones y sus Congresos, por hacerlo posible; y por último con los equipos de la agencia y la industria que diseñaron nuestros vehículos, El Saturno, el Columbia, el Águila, los trajes y mochilas que fueron nuestro pequeño vehículo en la superficie lunar. Gracias en especial a los americanos que diseñaron, construyeron y probaron el vehículo poniendo en ello sus corazones y sus habilidades. A toda esa gente esta noche, y a todos los que nos escuchan y nos ven, gracias especiales. Dios os bendiga. Buenas noches desde el Apollo XI.*

19. Durante la vuelta, la Estación de seguimiento de Guam tuvo un fallo que hubiera impedido la comunicación con la Tierra en el último segmento del vuelo. La reparación no fue posible hasta que un miembro del equipo consiguió que su hijo de 10 años, Greg Force, consiguiera arreglar el problema gracias a sus pequeñas manos. El pequeño recibió las gracias personales de Armstrong.



## 12. APOLLO XII

El Apollo XII fue el sexto vuelo tripulado del Programa y el segundo en aterrizar en la Luna (*una misión tipo H*). Se lanzó el 14 de Noviembre de 1969 desde el LC 39-A del Kennedy Space Center, Florida, cuatro meses después del Apollo XI. La actividad de la superficie lunar ocupó solo un día y siete horas, y el lugar de aterrizaje para esta misión estaba situado en la porción del sureste del Océano de las Tormentas.

La misión acabó el 24 de Noviembre con un amerizaje sin problemas.



La tripulación principal fue:

Posición	Astronauta
Comandante	Charles <i>Pete</i> Conrad
Piloto del CM	Richard F. Gordon
Piloto del LM	Alan L. Bean



La tripulación de reserva estaba compuesta por, David R. Scott, Alfred M. Worden y James E. Irwin



Al contrario del Apollo XI, Conrad and Bean consiguieron un aterrizaje preciso en la posición prevista, la del *Surveyor 3* que había llegado a la Luna el 20 de Abril de 1967. Llevaron la primera cámara de TV en color a la superficie lunar en un vuelo Apollo, pero la transmisión se perdió cuando Bean, accidentalmente, apuntó la cámara al Sol estropeándola. En una de las dos salidas a la superficie visitaron el Surveyor y

recuperaron algunas partes para devolverlas a la Tierra. Tras el análisis, se encontró una bacteria común, el *Streptococcus mitis*, y se pensó que había contaminado accidentalmente la cámara del vehículo antes del lanzamiento y que había sobrevivido en estado latente durante dos años y medio. Sin embargo, estos hallazgos han tenido serias disputas.

El lanzamiento tuvo lugar durante una tormenta. 36 segundos y medio más tarde el vehículo fue impactado por un rayo. Los circuitos de protección de las células de energía del Módulo de Servicio detectaron falsas sobrecargas y sacaron de línea las tres células así como gran parte de la instrumentación del CSM. Un segundo rayo a los 52" afectó el indicador de altitud. La pérdida de las 3 células de energía pasó al CSM a baterías pero mantener la carga de 75 A a 28 VDC era imposible y para complicarlo más, uno de los inversores de AC se fue de línea. Todos estos problemas de energía encendieron prácticamente todas las luces de emergencia del panel de control y causaron fallos de mucha de la instrumentación.



La secuencia de datos de telemetría en el Control era errónea, sin embargo, el Saturno V seguía volando correctamente; los rayos no habían afectado la Unidad de Instrumentación.

El legendario *EECOM* (Jefe de Consumibles, Electricidad y Ambiente) John Aaron (el original hombre misil de ojos de acero de NASA) recordó el patrón de fallo de una prueba cuando un alimentador falló en el Equipo de Acondicionamiento de Señal del CSM (SCE). El SCE convierte señales analógicas de la instrumentación en voltajes estándar para los indicadores de la nave y los codificadores de telemetría.

Aaron indicó: *Pasad el SCE a auxiliar (ir a la unidad de alimentación de reserva)*. El conmutador no era muy visible y ni el Director de Vuelo ni el Controlador ni el Comandante Conrad lo recordaban. Sin embargo, el Piloto del LM Alan Bean, si lo recordó gracias a un incidente durante un entrenamiento un año antes cuando la misma avería se había simulado. La rapidez de respuesta de Aaron y la memoria de

Bean salvaron lo que pudo haber sido una misión abortada. Bean puso las células en línea y con la telemetría restaurada, el lanzamiento continuo sin problemas.

Una vez en órbita, la tripulación comprobó su nave cuidadosamente antes del nuevo encendido de la tercera etapa (*el S-IVB*) para salir hacia la Luna. No se observaron daños permanentes serios.



En tierra, temían que los rayos hubieran dañado el mecanismo de apertura de los paracaídas del CM y de ser así el módulo chocaría incontrolablemente en el Océano Pacífico matando a la tripulación instantáneamente. No había manera de determinar si este era el caso, así que los controladores decidieron no decir nada a la tripulación



de dicha posibilidad. Los paracaídas se desplegaron y funcionaron normalmente al final de la misión.

En esta misión, el S-IVB debía colocarse en órbita solar una vez que su parte de la misión se completara. Cuando el sistema auxiliar de propulsión encendió, un pequeño error en uno de los vectores del sistema de navegación hizo que el S-IVB pasara por la Luna a una altitud demasiado alta para conseguir velocidad de escape y se quedó en una órbita terrestre semi-estable. Finalmente escapó en 1971 pero fue recapturado por la Tierra 31 años más tarde. Fue descubierto por el astrónomo amateur *Bill Yeung* quien lo designó J002E3 antes que se determinase que era un objeto artificial.

El Segundo aterrizaje fue un ejercicio de apuntamiento, usando una técnica de radar de efecto Doppler desarrollada para mejorar la precisión del punto de llegada para futuros Apollos. Apollo XII consiguió, el 19 de Noviembre, aterrizar a tiro de piedra de su proyecto (*el Surveyor 3*) que había aterrizado en la Luna en Abril de 1967. Esta fue la primera, y única, ocasión en que humanos contactan con un vehículo lanzado a otro objeto espacial.

Cuando Conrad, que era algo más bajo que Armstrong, pisó la Luna sus palabras fueron: *Whoopie! Tío, esto fue un pequeño paso para Neil, pero es uno grande para mí.* Esto no estaba escrito. Conrad había apostado 500 \$ con la reportera

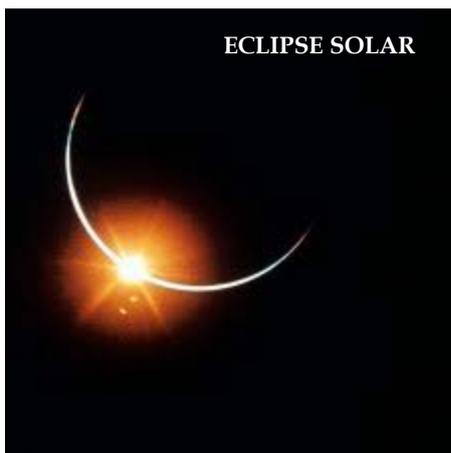


*Oriana Fallaci* que diría estas palabras después que ella le preguntara si NASA había instruido a Neil Armstrong que decir cuando pisara la Luna. Conrad comentó, más tarde, que nunca recibió el dinero de la apuesta.

Conrad y Bean recogieron material lunar y montaron un equipo para tomar medidas de los movimientos sísmicos lunares, viento solar y campo magnético y enviarlos a la Tierra. Los instrumentos eran parte de la primera estación montada en la Luna y con alimentación nuclear (*ALSEP*) que era parte para enviar datos a la Tierra durante un periodo largo de tiempo. Los instrumentos del Apollo XI no habían sido designados para operar un tiempo largo. Los astronautas tomaron muchas fotografías aunque, por accidente, Bean se dejó varios rollos de película en la Luna. En tanto, Gordon, a bordo del *Yankee Clipper* en órbita lunar, tomó multi-espectral fotos de la superficie.

La placa lunar que iba adherida a la etapa de descenso del *Intrepid* es única en cuanto que a diferencia de otras placas tenía dos diferencias: (a) no hablaba de la Tierra y (b) tenía una textura diferente (*las otras placas tenían escritura en negro sobre acero inoxidable pulido mientras que la placa del Apollo XII tenía la escritura en acero inoxidable pulido sobre fondo mate*).

La etapa de ascenso del LM se retiró (*según procedimientos*) después que Conrad y Bean volvieran a órbita con Gordon. Impactó en la Luna el 20 de Noviembre de 1969 y los sismómetros de la superficie registraron el impacto durante más de una hora.



La tripulación permaneció un día extra en órbita lunar sacando fotos. Tiempo en la superficie 31 y ½ horas y tiempo total en órbita lunar 89 horas.

Durante la vuelta a casa, la tripulación fue testigo (*y fotografió*) un eclipse solar, aunque este era de la Tierra eclipsando el Sol.

El CM volvió a la Tierra el 24 de Noviembre de 1969 a las 20:58 GMT en el Océano Pacifico, aproximadamente a 800 km este de las Samoa. En el amerizaje, una cámara de 16 mm se soltó de su anclaje y golpeó a Bean en la frente dejándole momentáneamente inconsciente. Sufrió una contusión leve que necesitó seis puntos de sutura. Después de la recogida por el *USS Hornet*, volaron al aeropuerto internacional de Pago Pago en Tafuna para una recepción antes de volar a Honolulu en un avión de carga C-141.

## ANEXO

1. Alan Bean escondió una cámara con temporizador para sacar una foto de Pete Conrad, él y el Surveyor 3 a la vez. Dado que esto no era parte del equipo estándar, esa imagen hubiera vuelto locos a los analistas pensando cómo se obtuvo. Pero, el temporizador se perdió durante un EVA y el plan no se ejecutó.
2. Una broma, de las muchas entre tripulaciones Navy y Fuerza Aérea, la ejecutó la tripulación de reserva del Apollo XII que se las ingeniaron para insertar en la lista de tareas de los astronautas (*adjuntas a las muñecas de los trajes de Conrad y Bean*) fotos reducidas de chicas del Playboy, sorprendiendo a ambos. La tripulación que hizo esta broma, voló en el Apollo XV.
3. También, en el reverso de la lista de Conrad había dos páginas de compleja terminología geológica añadida para darle la opción de parecer un geólogo profesional cuando hablara con Control.
4. El tercer miembro de la tripulación orbitando la Luna no quedó fuera de las bromas y así encontró un calendario de Noviembre de 1969 con la foto de DeDe Lind, Miss Agosto 1967. En 2011, Gordon subastó el calendario cuyo valor fue estimado por RRAuction entre 12.000 y 16.000 \$.
5. El artista Forrest (*Frosty*) Myers asegura haber instalado una pieza artística, *'Moon Museum'* en una pata del modulo de descenso del Intrépido con la ayuda de un ingeniero de Grumman después que los intentos de hacerlo oficial a través de NASA no tuvieran éxito.
6. Alan Bean dejó un recuerdo en la Luna, su pin de astronauta de plata. El pin, era indicativo de un astronauta que había completado el entrenamiento pero que aún no había volado; Bean lo había llevado durante seis años e iba a obtener el pin de oro por completar una misión, así que pensó que ya no necesitaba el de plata. Esta acción se hizo tradición entre los pilotos militares que ceremonialmente arrojaban sus alas de vuelo al graduarse.
7. Este fue el primer lanzamiento de un cohete presenciado, en persona, por un forzado Presidente de EEUU, Richard Nixon.



### 13. APOLLO XIII

## *Apollo XIII (El éxito de un fallo)*

### Comienzo y fallo

Era la séptima misión tripulada del Programa Apollo y la tercera que iba a aterrizar en la Luna.

Se lanzó el 11 de Abril de 1970 a las **13:13** (*hora de Houston*). El aterrizaje en la Luna se abortó debido a la ruptura de un tanque de oxígeno dos días después del lanzamiento, el **13** de Abril. El Módulo de Servicio y el de Mando quedaron totalmente inoperativos.

A pesar de todos los problemas causados por la carencia de energía, la pérdida de climatización, la escasa reserva de agua potable y la necesidad de reparar el sistema de extracción de dióxido de carbono, la tripulación volvió a salvo a la Tierra el 17 de Abril y fueron recuperados por el *USS Iwo Jima*.



Las tripulaciones principal y de reserva eran:

Principal:

<b>Posición</b>	<b>Astronauta</b>
<b>Comandante</b>	James A. Lovell, Jr.
<b>Piloto del CM</b>	T. Kenneth Mattingly II
<b>Piloto del LM</b>	Fred W. Haise, Jr.



Reserva:

<b>Posición</b>	<b>Astronauta</b>
<b>Comandante</b>	John W. Young
<b>Piloto del CM</b>	John L. Swigert
<b>Piloto del LM</b>	Charles M. Duke, Jr.



Ken Mattingly estaba seleccionado originalmente como piloto del CM. Siete días antes del lanzamiento, uno de los hijos de Charles Duke cogió el sarampión y esto expuso a las dos tripulaciones al virus ya que se entrenaban juntos. Mattingly no había pasado la enfermedad de niño y se suponía que no era inmune. Tres días antes del lanzamiento, recomendado por el médico del vuelo, Swigert pasó a la tripulación principal. De esta manera, la tripulación final fue: *Lovell, Haise y Swigert*.



Mattingly nunca mostró síntomas de haber cogido el sarampión y fue asignado como piloto del CM de la tripulación de Young que, posteriormente, tripuló el Apollo XVI (*la quinta misión en aterrizar en la Luna*).

La misión del Apollo XIII era explorar el área de *Fra Mauro*. Este área tenía un cráter de 80 km de diámetro en su interior que tenía un interés geológico especial ya que se creía que se había formado con las eyecciones del impacto que formó el *Mare Imbrium*.

Esta misión empezó con un pequeño incidente durante el lanzamiento cuando el motor central de la segunda etapa se apagó dos minutos antes de tiempo. Los cuatro motores exteriores siguieron encendidos para compensar el menor empuje y el vehículo entró en una órbita nominal.

Aproximadamente a 322.000 km de la Tierra, el Control de Houston pidió que se activaran los agitadores de los tanques de oxígeno e hidrógeno para homogeneizar el contenido y obtener mejores lecturas de presión. *(Este procedimiento se ejecutaba de*



**MUESTRA DEL RESULTADO  
DE LA EXPLOSIÓN DEL SM**

*forma periódica en todos los vuelos).* Unos 93" después, la tripulación oyó un potente sonido como de explosión seguida de una fuerte vibración y fluctuaciones de energía. Los astronautas pensaron que un asteroide había impactado en el LM.

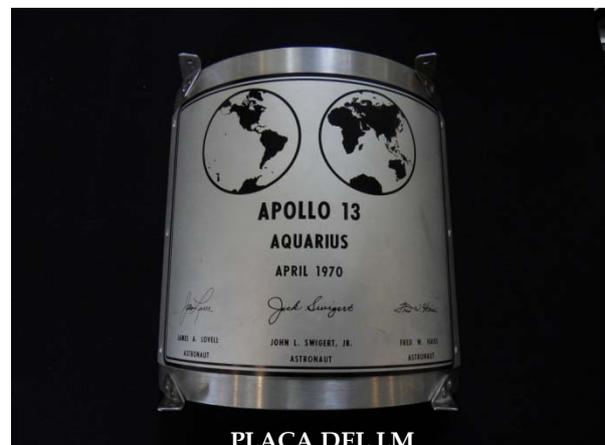
Pero la realidad era que el tanque de oxígeno 2, uno de los dos dentro del Módulo de

Servicio había experimentado una ruptura debido a una subida de presión que pasó por encima del límite de seguridad. Debido a esta situación, el tanque se rompió y el oxígeno se expandió rápidamente llenando la zona donde las células de combustible estaban localizadas. *(Sector 4).*

La presión, que seguía aumentando, arrancó las tuercas de sujeción del panel de aluminio que cubría el Sector 4, lanzando al exterior el resto del oxígeno y las piezas rotas de la estructura. Esta segunda ruptura probablemente causó algunos daños a la antena que se estaba usando en ese momento para comunicarse con el Control, de ahí la interrupción de 1,8 segundos con la Estación terrena que seguía el Apollo en ese momento. El sistema actuó automáticamente cambiando de antena y el problema se corrigió por sí solo.

La onda expansiva forzó que las células de combustible 1 y 3 se cerraran y solo pudieron operar durante 3 minutos.

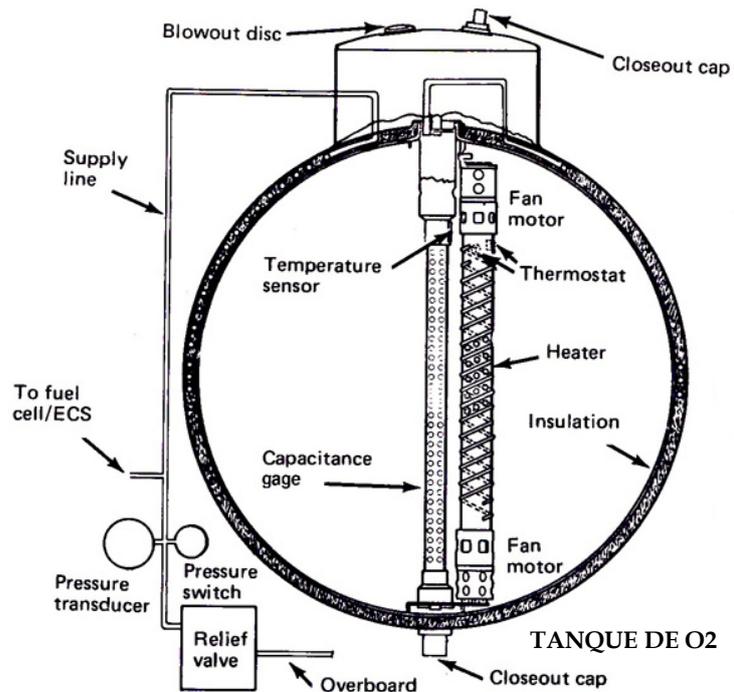
Además, bien un conducto del tanque 1 desarrolló una fuga o su válvula de paso falló pero, durante los siguientes 130 minutos, el oxígeno del tanque empezó a salir al espacio hasta que el tanque se vació y dejó todo el Módulo de Servicio sin ningún oxígeno.



**PLACA DEL LM**

Como las células de combustible combinan oxígeno líquido e hidrógeno para generar electricidad y producir agua, la 2 finalmente se desactivó dejando todo el Apollo CSM con la limitada energía que podían producir las baterías. La tripulación se vio forzada a apagar el CM completamente y usar el Módulo lunar como bote salvavidas.

Este procedimiento se había sugerido previamente durante una simulación de entrenamiento pero no se consideró un escenario válido. Esta solución, sin embargo, hizo posible el rescate de la tripulación.



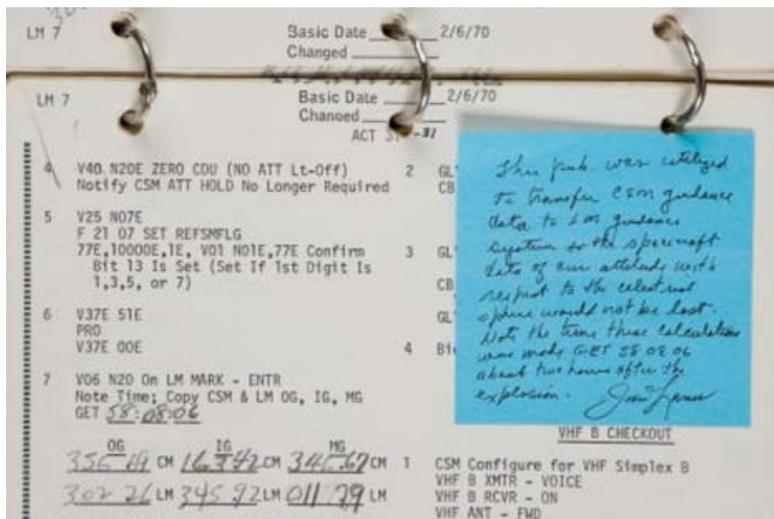
## Supervivencia de la Tripulación y Viaje de vuelta

El fallo del SM abortó el plan de aterrizar en la Luna. Los planes de aborto existentes, que databan de 1966, fueron evaluados; la solución más rápida era un aborto directo pero requería el uso del motor del SM para obtener el necesario cambio de velocidad que colocara la nave en la trayectoria adecuada. Este plan tenía la ventaja de una vuelta rápida a casa y, además, usando menores cantidades de combustible pero se desechó por las siguientes razones:

- Debía haberse hecho en una fase más temprana del viaje, antes que la nave entrara en la influencia gravitacional de la Luna y esto ya había ocurrido cuando surgió el problema.
- No existía un modo práctico de obtener energía eléctrica para encender el motor.
- Había dudas que el motor reaccionaría de manera normal ya que pudo haber sido dañado por la ruptura del tanque de oxígeno.
- Por estas razones, el Director de Vuelo Gene Kranz y su adjunto Chris Kraft decidieron por una vuelta circumlunar, usando la gravedad de la Luna y



acelerando la nave, en la parte trasera de la Luna, para ponerlos hacia la Tierra. La nave exhibía un comportamiento extraño. La información angular y de velocidad que aportaban las Estaciones de tierra haciendo seguimiento en



modo automático diferían grandemente de los cálculos de vectores de trayectoria que predecían los sistemas de guía y navegación de Houston, GSFC (Centro de Vuelos Espaciales de Goddard) y el Cabo.

La ruptura del panel exterior actuó como el encendido de un motor empujando la nave fuera de

su curso nominal. De manera que la primera prioridad era restablecer el curso correcto con un encendido de los motores de propulsión del Módulo Lunar. El resultado fue adecuado e inmediato pero no definitivo porque la fuga del tanque número 1 seguía actuando como un motor y cambiaba constantemente la trayectoria, así que las correcciones eran muy frecuentes. Después de 130 minutos, el tanque finalmente se vació y los cambios de trayectoria cesaron. Una vez que el curso



correcto se había restablecido, el motor de descenso se usó, tras la Luna, para obtener la velocidad que puso el vehículo en la ruta correcta hacia la Tierra, y ya solo se usó dos veces más en maniobras de corrección.

Los consumibles del Módulo Lunar habían sido calculados para mantener dos personas durante solo dos días y no a tres personas durante cuatro días. El oxígeno era el menor de los problemas ya que el Módulo Lunar tenía suficiente para re-presurizar la cápsula después de cada actividad lunar. Pero a diferencia del CSM que usaba células de combustible que producían electricidad y agua potable, el Módulo Lunar usaba baterías de óxido de plata, y la energía eléctrica y el agua (*usada para enfriar los motores y para beber*) sí eran, obviamente, consumibles críticos.



Para ser capaces de mantener el soporte vital y el sistema de comunicaciones operativo durante el retorno, el consumo de energía del Módulo Lunar se redujo al mínimo posible.

La cantidad limitada de hidróxido de litio que se usaba para eliminar el dióxido de carbono era un problema más serio. Las reservas internas de LiOH del Módulo Lunar no eran suficientes para mantener a la tripulación durante el retorno, y el

remanente estaba fuera de alcance, en la etapa de descenso del Módulo Lunar.

El Módulo de Mando tenía una adecuada cantidad de cajas de LiOH pero había una incompatibilidad con el Módulo Lunar. Los ingenieros de tierra idearon un sistema para acoplar las cajas cuadradas del Módulo de Mando con las cilíndricas del Módulo Lunar y transmitieron el procedimiento a la tripulación. Los astronautas llamaron a este invento *el buzón de correo*.

Aún quedaban dos correcciones de trayectoria por hacer. Primero, la ventana de reentrada que llevaban situaba el amerizaje en el Océano Indico donde no había barcos americanos de recogida y, segundo, la cápsula llegaría a la atmosfera con un ángulo de reentrada tan pequeño que probablemente rebotara al espacio. El motor del Módulo Lunar se usó de nuevo dos veces para corregir ambos pequeños problemas.



Otro problema que había que resolver era que había que encender el Módulo de Mando de nuevo. El controlador de Vuelo John Aaron, con la ayuda del astronauta Mattingly y un grupo de ingenieros y diseñadores trabajaron en un nuevo protocolo para encender el Módulo de Mando con el increíble bajo nivel de energía restante y el extremadamente corto tiempo de que disponían.

El proceso fue muy complejo porque, junto con otros problemas, la bajísima temperatura dentro del Módulo de Mando había condensado el vapor de agua existente en gotas de agua que cubrían todas las superficies sólidas. Había una seria preocupación que los sistemas eléctricos tuvieran problemas o fallos debido al exceso de humedad. Afortunadamente no hubo fallos principalmente gracias a las extensivas mejoras hechas en la circuitería eléctrica como resultado de las lecciones aprendidas del fuego del Apollo I.

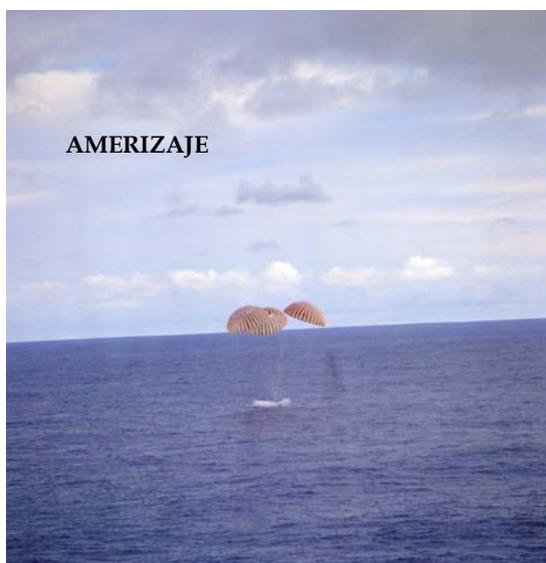
## Reentrada y Amerizaje

Según se acercaban a la Tierra, desacoplaron el Módulo de Servicio y sacaron varias fotografías para usarlas durante análisis posteriores. Al fotografiar el daño, la tripulación se sorprendió viendo que el panel del Sector 4 había desaparecido por completo. Los analistas de tierra también estuvieron de acuerdo que la antena había sido dañada.



Finalmente, la tripulación desacopló el Módulo Lunar, *Aquarius*, quedando solo el Módulo de Mando, *Odyssey*, para la reentrada en la atmosfera.

Una reentrada atmosférica normal tiene un periodo de corte de comunicaciones causado por ionización de la atmosfera alrededor del módulo, que dura unos cuatro minutos. La posibilidad que la protección termal pudiera haber sido dañada por la ruptura del panel de cobertura de la sección 4 preocupaba a todos durante



de recuperación.

este periodo de ausencia de comunicaciones. Para empeorar el ambiente, duró 33" más de lo normal. Sin embargo, el Odyssey re-estableció contacto de radio y amerizó en el Pacífico Sur, al sudoeste de Samoa y a solo 6,5 km del barco

La tripulación estaba en buenas condiciones físicas salvo por Haise, que padecía una infección de riñón por la falta de agua.

Mucha gente clasificó este vuelo como un fallo total.

Tras el problema inicial, el análisis mostraba que las probabilidades de devolver a los tres astronautas a casa a salvo eran muy pequeñas

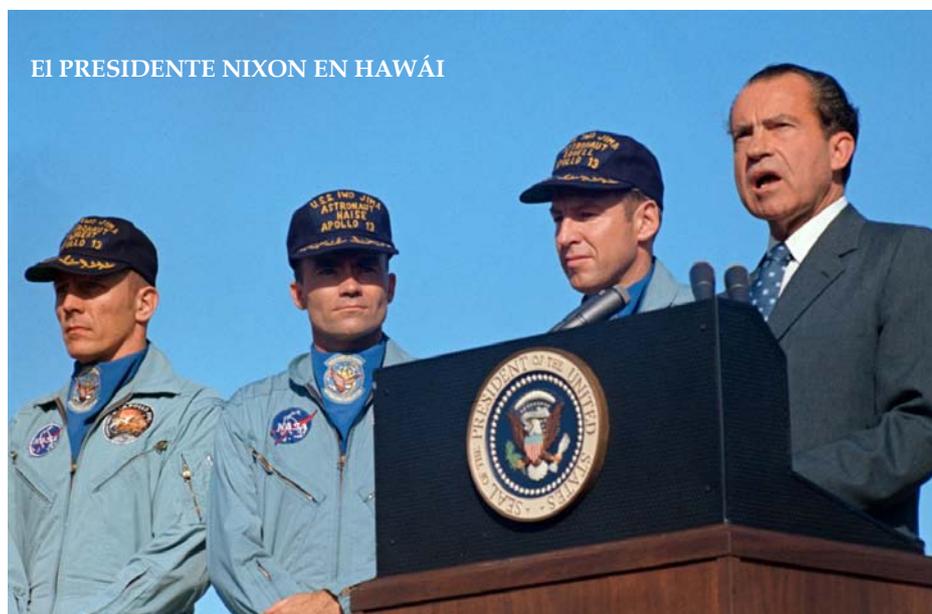


pero que se incrementaría usando la opción de vuelta reducida; con esta opción solo dos astronautas volverían vivos. El Director de Vuelo, Gene Kranz dijo que no había otra opción que traer a los tres de vuelta a la Tierra y así, puso a todos a trabajar en esa dirección.

solución. Después de un trabajo agotador, las probabilidades de vuelta se habían incrementado a más del 50%.

El final feliz solo puede clasificarse como un éxito absoluto y fue una demostración de ingenio, imaginación, conocimiento y perseverancia.

Nadie durmió durante los siguientes cuatro días buscando algún tipo de



# HECHOS

## Asignación de Tripulación

Durante el Programa Apollo el procedimiento estándar de rotación de tripulaciones fue establecido. Siguiendo este plan, la tripulación del Apollo XIII debería haber sido la de reserva asignada al Apollo X y así, el comandante hubiera sido el veterano astronauta de los programas Mercury y Gemini, L. Gordon Cooper. La tripulación sería:

- L. Gordon Cooper, Jr (*Comandante*)
- Donn F. Eisele (*Piloto del Módulo de Mando*)
- Edgar D. Mitchell (*Piloto del Módulo Lunar*)

Sin embargo, no era la intención de Deke Slayton (*Director de tripulaciones de vuelo*) el incluir a Cooper y Eisele en otras misiones ya que ambos tenían conflictos con la administración NASA por motivos diferentes. (*Cooper por su escaso interés en el entrenamiento y Eisele por incidentes durante el Apollo VII y por tener una aventura extra marital*). Slayton les asignó como tripulación de reserva para el Apollo X debido a la ausencia de astronautas con experiencia de vuelo, así que presentó la asignación siguiente a la jefatura:

- Alan B. Shepard, Jr (*Comandante*)
- Stuart A. Roosa (*Piloto del Módulo de Mando*)
- Edgar D. Mitchell (*Piloto del Módulo Lunar*)

Pero en este caso, y por primera vez, la recomendación de Slayton fue rechazada por la administración que pensó que Shepard necesitaba más entrenamiento para incluirle en un viaje lunar ya que recientemente había sido intervenido quirúrgicamente debido a un problema de equilibrio que le había mantenido en tierra desde el *Mercury Redstone 3*, en 1961. Finalmente, la tripulación asignada fue la misma que la que había sido reserva del vuelo histórico del Apollo XI.

## Resultados del comité de investigación

Esta misión tuvo varios *pequeños incidentes* que, de alguna manera, contribuyeron a la casi pérdida de la misión y la tripulación:

1. Durante las pruebas iniciales, en la plataforma de lanzamiento, surgió una duda de un tanque súper-crítico de Helio de la etapa de aterrizaje del Módulo Lunar que parecía tener problemas de aislamiento. La solución (¿?) fue cambiar el plan de vuelo y entrar en el Módulo Lunar tres horas antes de

lo previsto para comprobar la presión del tanque. Finalmente, durante el viaje de vuelta, el tanque falló y expelió el helio al espacio causando una desestabilización de la cápsula. Haise hizo horas extra para recuperar la orientación adecuada.

2. El tanque de oxígeno 2 estaba originalmente instalado en el Apollo X y se reemplazó para implementar modificaciones, durante las cuales fue dañado. Después de ser reparado y probado en fábrica, se instaló en el Apollo XIII.
3. En 1965 al Módulo de Mando se le instalaron una serie de mejoras, una de las cuales incluía el cambio del voltaje aplicado a los calentadores de 28 a 65 VDC; este cambio no se implementó en los interruptores termales.
4. Otro dato, durante las pruebas de lanzamiento, los tanques de oxígeno se purgan al 50% y mientras que el tanque 1 no tuvo problemas, el 2 no bajaba de 92%. La limpieza de los conductos de purga y la válvula usando gas a alta presión no funcionó así que se decidió llevar el O<sub>2</sub> a punto de ebullición con los calentadores. Esta solución funcionó pero los calentadores estuvieron encendidos durante 8 horas causando que la protección de Teflón se degradara debido al exceso de temperatura.
5. Como los interruptores habían estado trabajando a 65 VDC (*37 más de lo nominal*) durante tanto tiempo, los contactos se fundieron y los calentadores permanecieron encendidos permanentemente, aumentando la presión y causando, finalmente, el fallo.



## 14. APOLLO XIV

La octava misión tripulada del Apollo. Era la tercera en aterrizar en la Luna y la última de las misiones H. (Aterrizajes con estancias de dos días en la Luna y dos EVAs, o paseos lunares).

El lanzamiento para sus nueve días de misión tuvo lugar el 31 de Enero de 1971 a las 16:04:02 (*tiempo local*) después de una espera de 40' y 2" debido a restricciones por el mal tiempo atmosférico, (*la primera espera en el Programa Apollo*). El aterrizaje lunar fue el 5 de Febrero in la formación Fra Mauro que originalmente había sido la diana del abortado Apollo XIII. Durante las dos salidas a la superficie, se colectaron 42 kg de rocas y se desplegaron varios experimentos en la superficie (*incluyendo estudios sísmicos*). Shepard dio dos golpes de golf a dos bolas con un palo casero que había traído de la Tierra. Shepard y Mitchell estuvieron 33 horas en la Luna de las que, aproximadamente, unas 9½ horas estuvieron en la superficie.

Mientras Shepard y Mitchell estaban en la superficie, Roosa, a bordo del CSM, hizo varios experimentos científicos y fotografió la Luna. Llevó semillas en la misión, muchas de las cuales germinaron a la vuelta resultando en los llamados *árboles lunares*. Shepard, Roosa, y Mitchell amerizaron en el Océano Pacífico el 9 de Febrero.



LANZAMIENTO DEL APOLLO XIV

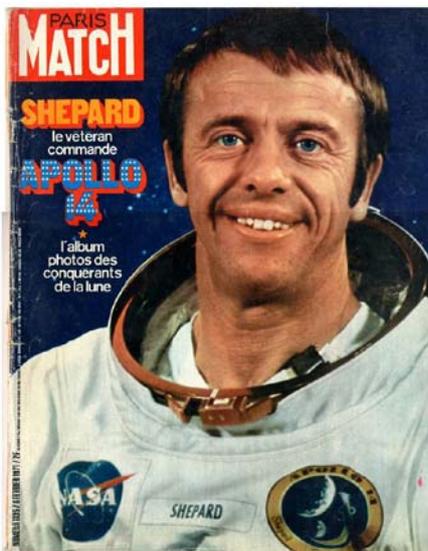
La tripulación principal era:

Posición	Astronauta
Comandante	Alan Shepard
Piloto del CM	Stuart Roosa
Piloto del LM	Edgar Mitchell



La tripulación de reserva estaba compuesta por: Eugene A. Cernan, Ronald E. Evans, Jr. and Joe H. Engle

Shepard era el astronauta de más edad cuando viajó en el Apollo XIV. Es el único astronauta del *Mercury Siete* que ha llegado a la Luna. Otro de los originales siete, Gordon Cooper, no lo consiguió por su actitud hacia el entrenamiento y sus problemas con la jefatura de NASA (*venía de tan lejos como los vuelos del Mercury-Atlas 9*).



La misión fue un triunfo personal para Shepard, que había luchado contra la enfermedad de Ménière del 1964 al 1968. Él y su tripulación estaban asignados al Apollo XIII, pero en 1969 los oficiales de NASA cambiaron las tripulaciones de los Apollos XIII and XIV. Esto se hizo para permitir a Shepard más tiempo de entrenamiento dado que no había volado en los últimos 4 años.

Estaban en El Control de Lanzamiento del Kennedy Space Center, el Vice Presidente Spiro T. Agnew y el Príncipe Juan Carlos de España.

Al comienzo de la misión, el CSM *Kitty Hawk* tuvo dificultades para conseguir

capturar y ensamblarse con el LM *Antares*. Durante 1 hora y 42 minutos intentaron repetidamente el ensamble hasta que se les sugirió ponerse en posición y empujar con los motores del CSM, de esa manera el mecanismo se retraería y liberaría los anclajes. Este intento funcionó y ya no hubo más problemas de ensamble durante la misión.

Tras la separación del CM en órbita lunar, el LM *Antares* tuvo otros dos serios problemas. El primero fue debido a un falso conmutador que empezó a producir una señal de ABORTO.



PLACA DEL LM

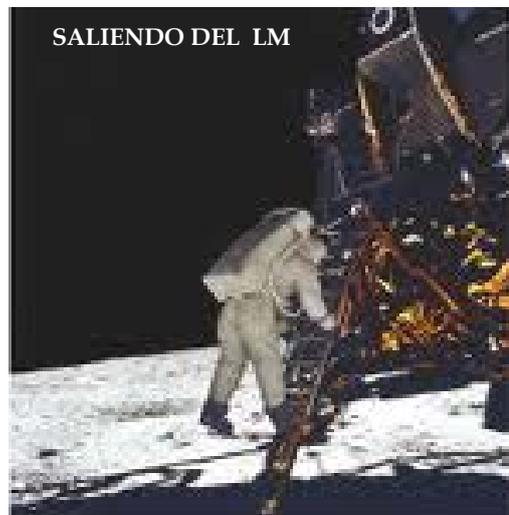
NASA analizó el problema y concluyó que el ordenador estaba procesando señales erróneas como si una bolita de estaño se hubiera soltado y flotara entre el conmutador y el contacto cerrando el circuito. La solución inmediata—dar unos golpecitos cerca del conmutador—funcionaron, pero solo un tiempo muy corto. Si el



problema reaparecía tras el encendido del motor de descenso, el ordenador pensaría que la señal era real e iniciaría un auto-aborto, causando la separación de las etapas de Descenso y Ascenso y volver a la órbita lunar. NASA y el equipo de informática del MIT buscaron una solución y determinaron que el arreglo pasaba por reprogramar el ordenador e ignorar la señal falsa. Las

modificaciones fueron transmitidas por voz a los astronautas y Mitchell las introdujo manualmente (*algo más de 80 entradas de teclado en el ordenador del LM*) justo a tiempo para poder continuar la misión.

Un segundo problema apareció durante el descenso, cuando el altímetro del LM radar no detectó automáticamente la superficie lunar, privando al ordenador de navegación de información vital de la altura y velocidad del vehículo. (*Esto no era resultado de las modificaciones del comando de ABORTO, sino un problema ajeno en la operación del radar*). Después de apagar y encender el conmutador del radar de aterrizaje, todo volvió a la normalidad a una altura de unos 5.500 m, de nuevo, justo a tiempo. Shepard aterrizó manualmente más cerca del punto previsto que ningún otro



Apollo. Mitchell pensó que Shepard hubiera continuado el aterrizaje sin el radar usando el sistema inercial de guía del LM y las marcas visuales. Pero un análisis



post misión de los datos del descenso mostraron que el sistema inercial solo hubiera sido inadecuado, y los astronautas se hubieran visto forzados a abortar el aterrizaje al acercarse a la superficie.

Shepard y Mitchell nombraron su lugar de aterrizaje *Fra Mauro Base*, y así se reconoció por la Unión Astronómica Internacional (*en mapas lunares aparece como Statio Fra Mauro*).

Las primeras palabras de Shepard fueron: *y ha sido un largo camino pero estamos aquí.*

Al contrario de Armstrong en el Apollo XI y Conrad en el Apollo XII, Shepard ya había pisado la Luna and estaba a unos metros del LM cuando habló.

El traje de Shepard era el primero en utilizar franjas rojas en los brazos y piernas y en la parte alta del artificio de sombra del casco para permitir fácil identificación, en la superficie, entre el comandante y el piloto del

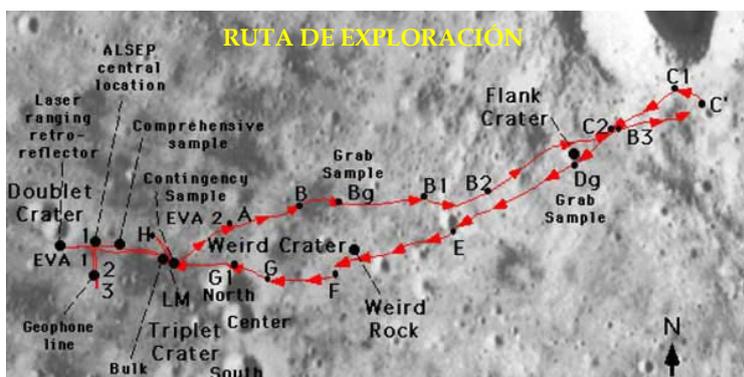


LM;

en las fotos de anteriores vuelos había sido casi imposible distinguir ambos miembros de la tripulación causando gran confusión. Este método ya estaba incluido en el traje de Jim Lovell en el Apollo XIII pero no se usó por razones obvias hasta el Apollo XIV. Esta distinción se usó en las siguientes misiones Apollo

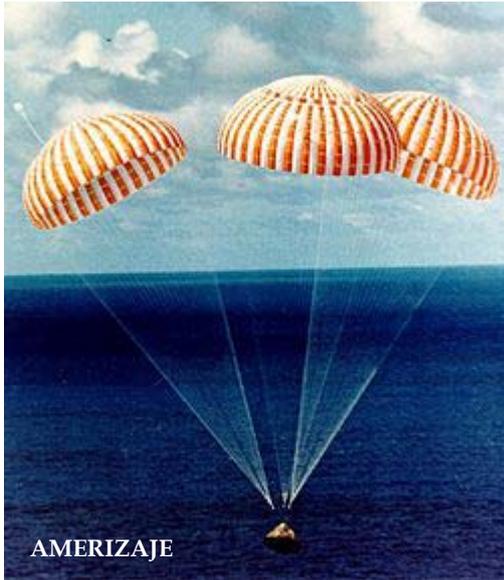
y en los EVAs del Transbordador Espacial. Todavía se usa en ambos, los trajes de los EEUU y en los de la Federación rusa en la Estación Internacional Espacial.

Después del aterrizaje en la formación de Fra Mauro, Shepard and Mitchell hicieron dos paseos lunares, añadiendo nuevos estudios sísmicos al equipo de experimentación del Apollo, y usando el transportador modular de equipo (MET), un carrito para llevar equipo y muestras (*parecido a una calesa oriental*). Roosa, en tanto, sacaba fotografías desde su encierro en el Módulo de Mando Kitty Hawk en órbita lunar.



estuvieron a unos 20 m del borde del cráter.

El segundo paseo lunar, o EVA, tenía previsto llegar al borde del Cráter Cone de 300 m de ancho. Sin embargo, los astronautas no fueron capaces de encontrar el borde entre el terreno en descenso de las laderas del cráter. Análisis posterior, usando las fotos que tomaron, determinó que



Shepard y Mitchell desplegaron y activaron varios instrumentos y experimentos científicos y recabaron casi 45 kg de material lunar para traer a la Tierra. Otros logros del Apollo XIV incluyeron: el primer uso del MET; la distancia más larga hecha a pie en la superficie lunar; el primer uso de técnicas de encuentro corto en órbita lunar; el primer uso de TV en color con un nuevo tubo vidicón en superficie lunar y el primer periodo científico extensivo efectuado durante operaciones del CSM solo.

Los astronautas también se ocuparon de actividades menos serias. Shepard contrabandéó la cabeza de un hierro 6 de golf que luego acopló al mango de una herramienta de excavar para la Luna y dos bolas de golf e intentó varios golpes a una sola mano.

de excavar para la Luna y dos bolas (Dada la limitada flexibilidad del traje de EVA). Dijo, exuberantemente, que la segunda bola se fue *millas y millas y millas* en la baja gravedad lunar, pero más tarde, se estimó la distancia entre 180 y 370 m. Mitchell arrojó, entonces, el mango de una herramienta como si fuera una jabalina.

En el camino de vuelta, la tripulación llevó a cabo el primer experimento de proceso de materiales en el espacio.



El CM *Kitty Hawk* amerizó en el Pacífico Sur el 9 de Febrero de 1971 a las 21:05 GMT, aproximadamente a 1.410 km al sur de Samoa y fueron recogidos por el *USS New Orleans*, la tripulación voló, después, al aeropuerto internacional de Tafuna donde les ofrecieron una recepción antes de volar en un C-141 a Honolulu. Los astronautas del Apollo XIV fueron los últimos exploradores lunares que pasaron cuarentena tras su regreso a la Tierra.

Roosa, que había trabajado en agronomía en su juventud, llevó varios cientos de semillas con él. Estas germinaron después del retorno a la Tierra y se distribuyeron masivamente alrededor del mundo como conmemorativos Arboles Lunares.

Esta misión inició una controversia respecto a que reloj era el oficial de NASA ya que se suponía que era OMEGA y los astronautas siempre llevaban ROLEX, no solo en su vida privada sino en las misiones.



## 15. APOLLO XV

Novena misión tripulada Apollo. Esta era la cuarta en aterrizar en la Luna y la primera de las *misiones J* (*Larga estancia en la Luna más enfocada a la ciencia que las anteriores*). Fue, también, la primera misión en la que el Vehículo Rover Lunar (*Lunar Roving Vehicle*) fue usado.

El Saturno V abandonó la plataforma el 26 de Julio de 1971 y amerizó el 7 de Agosto. En su momento, NASA denominó la misión como el vuelo tripulado más exitoso.

El comandante y el piloto del LM estuvieron 3 días en la Luna, incluyendo 18½ horas fuera de la nave en actividad extra-vehicular. La misión fue la primera que no aterrizó en un *mar* lunar, en su lugar aterrizaron cerca de Hadley Rille, en un área del Mare Imbrium llamada *Palus Putredinus* (*Pantano de putrefacción*). Inspeccionaron el área usando el primer Rover, lo que les permitió llegar más lejos del LM que en misiones previas.



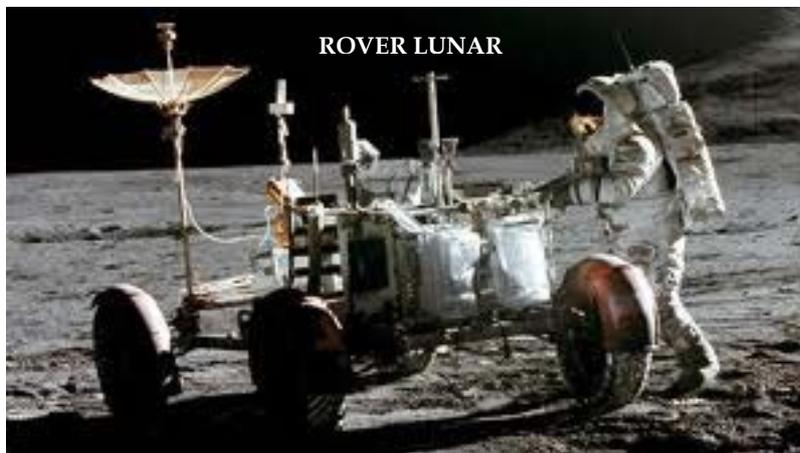
La tripulación principal era:

<b>Posición</b>	<b>Astronauta</b>
<b>Comandante</b>	David Scott
<b>Piloto del CM</b>	Alfred Worden
<b>Piloto del LM</b>	James Irwin



La tripulación de reserva estaba compuesta por: Richard F. Gordon, Jr., Vance D. Brand and Harrison H. Schmitt.

Colectaron 77 kg de material lunar, entre tanto, el Piloto del CSM, Alfred Worden, orbitaba y estudiaba la Luna con el Módulo de Instrumentos Científicos (*SIM*) en el SM. Este *SIM* tenía una cámara panorámica, un espectrómetro de rayos gamma, un altímetro de laser, una cámara de mapeo y un espectrómetro de masas. Al final de la estancia en órbita lunar, la tripulación desplegó un sub-satélite lunar (*por primera vez en el Programa Apollo*).



se convertía ahora en una misión J y tendría el honor de llevar el primer Rover Lunar.

Originalmente el Apollo XV hubiera sido una misión H como los Apollos XII, XIII y XIV. Pero el 2 de Septiembre de 1970, NASA anunció que cancelaba los planes previstos para los Apollos XV y IX. Para maximizar el retorno científico y geológico de las misiones pendientes, el Apollo XV

se convertía ahora en una misión J y tendría el honor de llevar el primer Rover Lunar. Uno de los mayores cambios en el entrenamiento para el XV fue la geología. Aunque en los viajes previos las tripulaciones habían sido entrenadas para geología de campo, por primera vez era la máxima prioridad. Scott e Irwin se entrenarían con *Leon Silver*, un geólogo del Caltech que estaba interesado en la era pre-cámbrica. Fue a sugerencia de Harrison Schmitt como alternativa a las conferencias de aula que NASA había usado previamente. Entre otras cosa, Silver había introducido, en los finales de los 1950, importantes refinamientos en los métodos de fechar las rocas usando el deterioro del uranio en plomo.

Al principio, Silver llevaría a las dos tripulaciones a varios sitios en Arizona y Nuevo México como si de una lección de geología de campo se tratara, pero según se acercaba la fecha de lanzamiento los viajes se hicieron más realistas. Los astronautas

empezaron a llevar modelos de las mochilas lunares y a comunicarse usando walkie-talkies con un CapCom en una tienda. El CapCom estaba con un grupo de geólogos no familiarizados con el área e interpretaban lo que los astronautas encontraban solo con su descripción.

La decisión de aterrizar en Hadley se tomó en Septiembre de 1970. Había que decidir entre dos sitios – Hadley Rille o el cráter Marius (*cerca del que había un grupo de lomas, posiblemente volcánicas*) – Aunque la decisión del comandante de una misión no era decisiva, sí que tenía gran importancia. Para Dave Scott la opción estaba clarísima, con Hadley tendrían *la exploración en su modo más puro*.



SALUDANDO A LA BANDERA

El piloto del Módulo de Mando, Al Worden, hizo un entrenamiento en geología diferente. Trabajó con el egipcio Farouk El-Baz y voló sobre áreas geológicas simulando la velocidad a la que volaría en el CSM en órbita lunar. Consiguió hacerse experto en hacer observaciones de los objetos que veía por debajo.



CSM VISTO DESDE EL LM

La mayor parte del día que llegaron a la Luna, el 30 de Julio, lo dedicaron a preparar el Módulo Lunar para el descenso posterior a la superficie. Cuando todas las pruebas estuvieron completadas, intentaron la separación del CSM pero no lo consiguieron debido a una junta que fallaba en el mecanismo de enganche. El piloto del CM, Al Worden, selló de Nuevo el mecanismo y entonces consiguieron la separación del CSM. Dave Scott y Jim Irwin continuaron las preparaciones para el descenso mientras que Al Worden permanecía en el CSM, volviendo a una órbita más alta para hacer las observaciones lunares y esperar a que sus compañeros regresaran en unos días.

Varios minutos después de iniciar el descenso Scott e Irwin observaron, en la maniobra de la aproximación del aterrizaje, que el Módulo Lunar estaba 6 kilómetros al este de la preseleccionada posición. Scott alteró el rumbo del Módulo Lunar y consiguieron tocar tierra en Hadley a solo unos cientos de metros del sitio previsto. El aterrizaje acaeció a las 22:16:29 GMT el 30 de Julio. Mientras que las

anteriores tripulaciones habían abandonado el Módulo Lunar al poco del aterrizaje, la del Apollo XV decidió usar el resto del día dentro del LM, esperando al día siguiente para ejecutar la primera de las tres Actividades Extra Vehiculares (EVAs), o paseos lunares, para preservar el ritmo de sueño en una misión en la que iban a estar un tiempo significativamente más largo en la superficie que las misiones previas. Antes de iniciar su periodo de sueño, Scott hizo un EVA simulado, durante el cual el LM se despresurizó, y fotografió los alrededores desde el artilugio de anclaje superior.



Durante el periodo de sueño, el Control de la Misión en Houston, monitorizó una pequeña pero constante pérdida de oxígeno. La cantidad de telemetría de los ordenadores de a bordo estaba limitada durante la noche para conservar energía, así que los controladores no podían determinar la causa exacta de la pérdida sin despertar a la tripulación. Scott e Irwin fueron eventualmente despertados una hora antes de lo previsto y encontraron la fuga en una válvula abierta en el dispositivo de transferencia de orina. Solucionado el problema, la tripulación se preparó para su primer paseo lunar.



4 horas más tarde, Scott e Irwin se convirtieron en el séptimo y octavo humanos en pisar la Luna. Desplegaron el Vehículo Lunar (LRV) y condujeron a su primer destino, el Elbow Crater, a lo largo del borde de Hadley Rille. Al volver al LM *Falcon*, Scott e Irwin desplegaron el Paquete de Experimentos de la Superficie Lunar (ALSEP). Este primer paseo lunar duró unas 6½ horas.

El objetivo del segundo EVA, al día siguiente, era el borde del Monte Hadley Delta, donde obtuvieron muestras de las laderas y cráteres a lo largo del Frente Apennine. En este paseo lunar, los astronautas recogieron la que llegó a ser una de las más famosas rocas de la Luna. La #15415, más conocida como la *Roca Genesis*. De vuelta a la base, Scott continuó su intento de hacer agujeros para un experimento del ALSEP, con el que había tenido dificultades el día anterior. Luego hicieron varios

El objetivo del segundo EVA, al día siguiente, era el borde del Monte Hadley Delta, donde obtuvieron muestras de las laderas y cráteres a lo largo del Frente Apennine. En este paseo lunar, los astronautas recogieron la que llegó a ser una de las más famosas rocas de la Luna. La #15415, más conocida como la *Roca Genesis*. De vuelta a la base, Scott continuó su intento de hacer agujeros para un experimento del ALSEP, con el que había tenido dificultades el día anterior. Luego hicieron varios

experimentos de mecánica del terreno y erigieron la bandera Americana con lo que Scott e Irwin retornaron al LM. El EVA 2 duró 7 horas y 12 minutos.

Durante el EVA 3, tercero y último paseo lunar de la misión, volvieron al borde de



Hadley Rille, esta vez al noroeste de la base. Tras volver al LM, Scott hizo un experimento delante de la cámara de TV, usando un martillo y una pluma para demostrar la teoría de Galileo que todos los objetos, en la misma gravedad, caen a la misma velocidad independientemente de la masa (*en ausencia de rozamiento*). Cuando soltó el martillo y la pluma, a la vez, dada la prácticamente ausencia de atmosfera en la Luna, ambos llegaron al suelo al

mismo tiempo.

Scott condujo entonces el Rover a una posición alejada del LM, donde la cámara de TV podía usarse para observar el despegue lunar. Scott desplegó un memorial a los cosmonautas y astronautas que se sabían fallecidos hasta ese momento, con una placa con sus nombres y una estatua del *Astronauta Caído*. El EVA duró 4 horas y 50 minutos.

En total, los astronautas estuvieron 18½ horas fuera del LM y colectaron aproximadamente 77 kg of muestras lunares.

Luego de despegar de la Luna, 2 días y 18 horas después del aterrizaje, la etapa de ascenso del LM se ensambló con el CSM en órbita lunar. Se transfirieron las muestras del LM al CSM y se selló y separó el LM que fue intencionalmente estrellado en la superficie lunar. Un encendido del motor del SPS tras completar algunas observaciones de la Luna y desplegar el Sub-satélite y salieron camino a casa.



El día siguiente, Al Worden hizo un paseo espacial, el primero de su clase, para extraer la película grabada desde el SIM. Más tarde, ese mismo día, consiguieron el record de más larga estancia del Programa Apollo.

El 7 de Agosto, según se acercaban a la Tierra, se desprendieron del Módulo de Servicio (SM) y el Módulo de Mando (CM) reentró en la atmosfera terrestre y aunque a uno de los tres paracaídas le falló la apertura, no hubo problemas ya que solo dos eran necesarios para un amerizaje seguro (*uno extra para redundancia*). El amerizaje tuvo lugar en el Pacífico Norte y la recuperación por el *USS Okinawa*. La misión duró 12 días, 7 horas, 11 minutos y 33 segundos.

## ANEXO

1. El Apollo XV usó el CSM-112, que recibió el nombre de *Endeavour*, en recuerdo del HM Bark *Endeavour* (un barco de investigación de la Royal Navy), y el LM-10, llamado *Falcon*, en recuerdo de la mascota de la Academia de la Fuerza Aérea de los Estados Unidos. Si el XV hubiera sido una misión H hubiera sido con el CSM-111 y el LM-9. Ese CSM se usó en el Apollo Soyuz Test Project, pero el LM no se usó y está en el Centro de Visitantes del Kennedy Space Center.
2. El Saturno V del XV llevaba un peso superior a los previos, así que se cambió la trayectoria de lanzamiento y el propio vehículo. El azimut del lanzamiento fue 80-100 grados y la órbita terrestre 166 km. Estos dos cambios junto con una reducción de la reserva de combustible, reducir a 4 los retrocohetes de la etapa S-IC y mantener el encendido de los motores del S-IC más tiempo, les dieron 500 kg más.
3. Estando en la LC 39-A y durante Junio y Julio de 1971, cayeron al menos 4 rayos sobre el lanzador y la MSS. Sin embargo no hubo daños.
4. En el lanzamiento, los motores del S-IC no se apagaron por completo tras la separación, creando el peligro de impactar con los motores del S-II (*al encenderse el S-II, quemó un paquete de telemetría del S-IC que dejó de funcionar*). A pesar de todo, el vehículo llegó a órbita terrestre. Un par de horas después la tercera etapa re-encendió sus motores impulsando la nave hacia la Luna.
5. Los astronautas llevaban nuevos trajes que les permitían doblarse completamente y sentarse en el Rover. También, nuevas mochilas que les daban más autonomía, y el piloto de CM tenía una nueva versión de traje espacial para realizar el paseo espacial y recuperar la película en el viaje a casa.
6. Los técnicos del Kennedy Space Center tuvieron muchos problemas con el SIM en el SM ya que volaba por primera vez y los instrumentos habían sido diseñados para operar en gravedad cero pero se habían probado en la Tierra. Elementos como las extensiones de 7,5 m para los espectrómetros de masas y gamma se probaron usando raíles y nunca funcionaron especialmente bien. Otros problemas aparecieron al integrar el SIM en la nave; los datos no sincronizaban y obligaron a los investigadores a hacer cambios de última hora. Al probar el espectrómetro de rayos gamma era necesario parar todos los motores en un radio de 16 km del punto de la prueba.
7. En el LM, los tanques de combustible se agrandaron en las dos etapas y la tobera de la etapa de descenso también. Baterías y paneles solares fueron añadidos y el peso del LM se incrementó en 1.800 kg.
8. El Rover, había estado en diseño en la Boeing desde Mayo de 1969. Se plegaba en un espacio de 1,5 x 0,5 m. Pesaba 209 kg, que subían a 700 kg llevando 2 astronautas y su equipo. Cada rueda tenía un motor eléctrico independiente de 200 W. Lo podía conducir cualquier astronauta pero era el Comandante el que lo hacía normalmente. Su velocidad media de 12 km/h daba una capacidad de alejamiento y transporte mayor sin mermar el tiempo de experimentación.
9. El sub-satélite del Apollo (*PFS-1*) se dejaba en órbita lunar desde la base del SIM. Adquiría datos sobre campos y partículas de la Luna, así como del campo

magnético y mapeaba la gravedad lunar. Funcionó del 4 de Agosto de 1971 hasta Enero de 1973.

10. En años posteriores, tras un estudio de muchos satélites orbitando la Luna, se descubrió que la mayor parte de las órbitas lunares son inestables. El PFS-1 se había situado, sin saberlo, en una de las, solo cuatro, órbitas estables.
11. Después de una misión exitosa, la reputación de la tripulación y de NASA quedó en entredicho por un acuerdo con un vendedor de sellos alemán. H. Walter Eiermann quedó con Scott para llevar sobres conmemorativos no autorizados en su traje, en adición a los que NASA había contratado con el Servicio Postal Americano. Eiermann prometió a cada astronauta 7.000 \$ en acciones por 100 sobres firmados traídos de la Luna.
12. Una controversia final acaeció cuando la tripulación contrató, con el escultor belga, Paul Van Hoeydonck la creación de una estatuilla para, personalmente, conmemorar a los astronautas y cosmonautas que habían perdido sus vidas en la exploración del espacio. Se dejó también una placa con los nombres de los astronautas Americanos y cosmonautas Soviéticos fallecidos. En aquel momento, dos de los 20 cosmonautas habían, también, fallecido antes del Apollo XV, Valentin Bondarenko (*en un fuego en un entrenamiento en Marzo de 1961*) y Grigori Nelyubov (*accidente de tren/suicidio en Febrero de 1966*). Lógicamente sus nombres no estaban incluidos en la placa. El memorial se abandonó cuando la cámara de TV estaba apagada y solo Irwin sabía lo que Scott estaba haciendo. Se acordó que no se harían replicas pero el Museo Nacional del Aire y Espacio pidió una tras enterarse de que Van Hoeydonck intentó venderlas al público. Bajo presión de NASA, Van Hoeydonck retiró la oferta de venta. NASA mostró el monumento en la documentación del Apollo XV sin mencionar que no estaba autorizado.
13. La zona tipo halo creada por el motor del LM en el área de aterrizaje fue fotografiada por una cámara a bordo de un satélite Japonés en órbita lunar, el SELENE, y confirmado por fotografías tomadas desde el Apollo XV CM que mostraban un cambio en la reflexión de la superficie. Esta fue la primera indicación visible de un aterrizaje visto desde el espacio.



## 16. APOLLO XVI

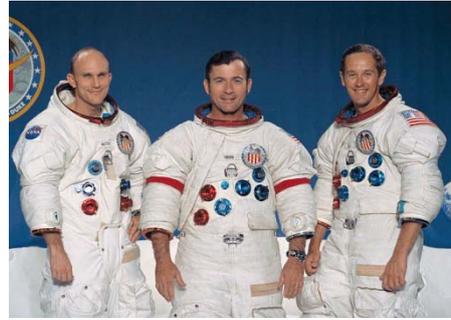
Décima misión tripulada del Programa lunar Apollo, penúltima en aterrizar en la Luna, primera en hacerlo en las tierras altas y segunda tipo J. El lanzamiento tuvo lugar desde el Kennedy Space Center en Florida a las 12:54 PM EST el 16 de Abril de 1972 y duró 11 días, 1 hora y 51 minutos. El amerizaje fue a las 2:45 PM EST el 27 de Abril.



John Young y Charles Duke estuvieron 71 horas—un poco menos de 3 días—en la superficie lunar, durante las cuales hicieron 3 actividades extra-vehiculares o paseos lunares, para un total de 20 horas y 14 minutos. Ambos condujeron el Rover que se paseó por la superficie lunar durante 26.7 km. En la superficie, Young y Duke recolectaron 95.8 kg de muestras para su retorno a la Tierra mientras que el Piloto del CM Ken Mattingly, que esperó 126 horas y 64 órbitas lunares, hacía observaciones científicas. Tras la reunión, soltaron un sub-satélite desde el Módulo de Servicio. Durante la vuelta a la Tierra, Mattingly salió del Módulo de Mando e hizo un paseo espacial de una hora de duración para extraer varios casetes de película del exterior del Módulo de Servicio.

La tripulación principal era:

Posición	Astronauta
Comandante	John Young
Piloto del CM	Ken Mattingly
Piloto del LM	Charles Duke



Young, capitán en los EEUU Navy, tenía la experiencia de tres vuelos espaciales antes del XVI, Gemini 3, Gemini 10 y Apollo X. Uno de los 19 astronautas seleccionados por NASA en Abril de 1966, Duke no había volado al espacio antes del Apollo XVI. Trabajó como tripulación de apoyo del Apollo X y fue el CapCom del Apollo XI.

La tripulación de reserva estaba compuesta por: Fred W. Haise, Jr., Stuart A. Roosa and Edgar D. Mitchell

La maniobra conocida como *transposición*, no tuvo problemas y el LM se extrajo del S-IVB. Tras el ensamblaje, la tripulación notó que se desprendían partículas del LM de un área donde el exterior parecía ajado; Duke estimó, en cierto momento, que veían entre cinco y diez partículas por segundo. La tripulación entró en el LM para inspeccionar los sistemas y no encontraron problemas importantes.



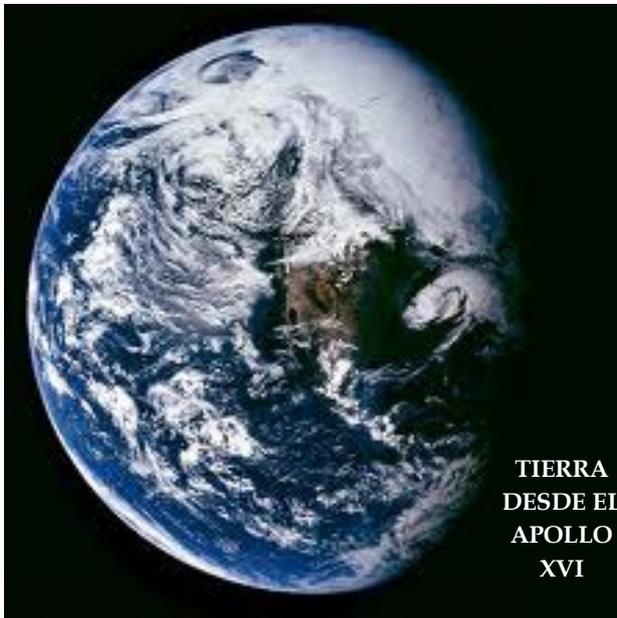
Cuando les despertaron para el Segundo día, la nave estaba a 181.000 km de la Tierra viajando a unos 5.639 km/h. Todavía tenían 2 días para mantenimiento de la nave y para experimentos científicos. El día 2 la tripulación hizo un experimento de electroforesis en el que se demostraba la mayor pureza de las migraciones de partículas en un entorno de cero gravedad. También ejecutaron el segundo ajuste de trayectoria. Fueron al LM para inspeccionar los sistemas de aterrizaje, porque habían observado trozos de pintura desprenderse de una

sección del exterior de aluminio pero no encontraron problemas y todos los sistemas funcionaban bien. El piloto del CM, Mattingly, notó una alarma de un ensamble tridimensional (*la nave no reportaba altitud*), un realineamiento del sistema de guía arregló el problema.

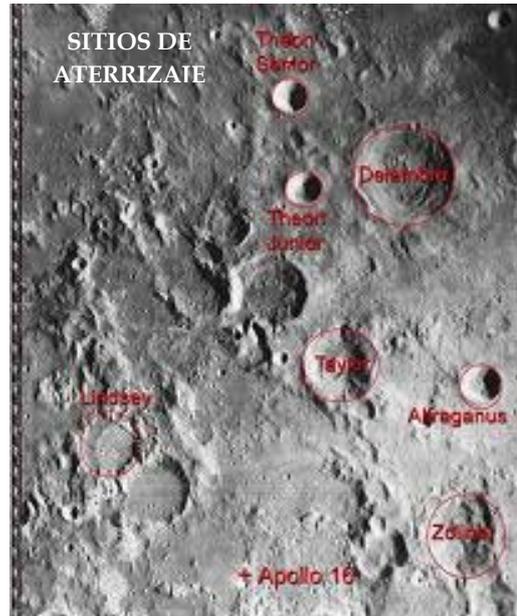
El tercer día, hicieron un experimento de flash de luz, *ALFMED*, para investigar flashes de luz que habían visto los astronautas cuando estaban en la oscuridad, independientemente que sus ojos estuvieran abiertos o cerrados. Se pensó que esto

lo causaban partículas de rayos cósmicos que llegaban a los nervios ópticos. El LM se encendió de nuevo y comenzaron los preparativos para iniciar el aterrizaje lunar.

El día 4, se prepararon para la inserción lunar. A una distancia de 20.635 km de la Luna, la



TIERRA  
DESDE EL  
APOLLO  
XVI



cubierta de de la bahía del SIM fue desechada y al pasar tras la Luna, el motor del SPS del CSM se encendió por 6 minutos y 15 segundos, frenando la nave en una órbita con un punto cercano (*periastro*) de 108,0 km y un punto lejano (*apoastro*) de 315,6 km respectivamente. Una vez en órbita

lunar, la maniobra de Inserción en Órbita de Descenso (*DOI*) colocó la nave a una altura de 19,8 km.

La activación del LM continuó al principio del día 5. El extensor que sacaba el espectrómetro de masas de la bahía del SIM del CSM quedó enganchado a medio camino. Se decidió que Young y Duke lo inspeccionaran visualmente tras separarse el LM del CSM.

Se desensamblaron en el LM *Orión*, de Mattingly en el CSM *Casper*, 96 horas, 13 minutos y 13 segundos tiempo de la misión. Después, Mattingly se preparó para pasar a Casper a una órbita circular mientras que Young y Duke preparaban *Orión* para el descenso a la superficie lunar. En ese momento, un problema apareció en el sistema de reserva de los motores del CSM.



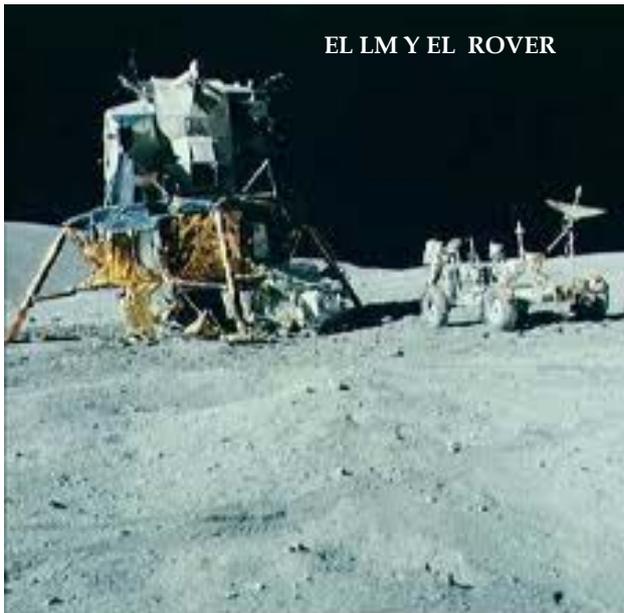
EL CSM VISTO DESDE EL LM

De acuerdo con las reglas de la misión, *Orión* debería haberse re-ensamblado con *Casper*, en el caso de que el Control de la Misión decidiera abortar el aterrizaje y usar los motores del LM para volver a la Tierra. Un análisis de varias horas,

determinó a los controladores de la misión que el problema se podía arreglar y Young y Duke podían seguir con el aterrizaje. Como resultado, el descenso a la superficie lunar empezó unas seis horas más tarde de lo previsto y a una altitud de 20,1 km, más alta que ninguna misión previa. Aproximadamente a 4.000 m, Young ya podía ver la zona de aterrizaje en su totalidad. El encendido final de motores de la etapa de descenso del LM ocurrió a tiempo y la nave avanzó hacia la orientación de aterrizaje a una altura de 2.200 m. El LM aterrizó 270 m al norte y 60 m al oeste del punto planificado a las 104 horas, 29 minutos y 35 segundos de tiempo de la misión, a las 2:23:35 GMT del 21 de Abril.

Aterrizados, Young y Duke comenzaron a configurar los sistemas del LM para su estancia de 3 días en la Luna. Se quitaron los trajes de vuelo e hicieron observaciones iniciales geológicas de la zona de aterrizaje. Comieron y se prepararon para su primer periodo de sueño. El retraso del aterrizaje causó modificaciones significativas al plan de la misión dado que estarían un día menos en órbita lunar tras completar la exploración de la superficie. Esto, también cambió su tercer y último paseo lunar reduciéndolo de siete a cinco horas.

El día siguiente, Young y Duke se pusieron y presurizaron sus trajes y despresurizaron el LM. Young salió a la plataforma y Duke le transfirió una bolsa llena de basura para dejarla en la superficie. Young bajó el equipo de uso durante el EVA (ETB) y bajó por la escalera. Puso pie en la Luna como noveno humano y dijo: *Ahí estás: misterioso y desconocido Descartes. Altas llanuras. Apollo XVI va a cambiar vuestra imagen.* Duke descendió y se unió a Young siendo el décimo, y más joven, hombre en pisar la Luna, con solo 36 años. Duke dijo: *Fantástico! Oh, ese primer paso*



*en la Luna es súper, Tony!* Primero, desplegaron el Rover, junto con otro equipo, sin problemas. Luego desplegaron el ALSEP y un experimento de transmisión de calor que se había quemado junto al Módulo Lunar *Aquarius* en el Apollo XIII, y se había intentado, sin éxito, en el Apollo XV cuando un cable se rompió al engancharse alrededor del pie de Young.

Su primer viaje en el Rover les condujo a su primera parada geológica, Plum Cráter, un cráter de 36 m de diámetro en el borde del Flag Cráter de 290 m de diámetro. A una

distancia de 1,4 km del LM, recogieron material que los científicos creían había penetrado la superficie del regolito hasta la parte baja de la Formación Cayley. Allí fue donde Young recogió, pedido por el Control de la Misión, la roca más grande traída por un Apollo, apodada Big Muley en honor del investigador principal de geología de la misión Bill Muehlberger.

La siguiente parada fue el Buster Cráter, a unos 1,6 km del LM. Allí, Duke sacó fotografías del Stone Mountain y del South Ray Cráter mientras que Young desplegaba un experimento de campo magnético. Entonces los científicos empezaron a reconsiderar su hipótesis anterior a la misión, que Descartes había tenido actividad volcánica, ya que los astronautas no habían encontrado pruebas.

Volvieron al LM 7 horas 6 minutos y 56 segundos después de iniciar el EVA. Una vez dentro, presurizaron el LM, hablaron con los científicos durante media hora y configuraron la cabina para el periodo de sueño.

El día siguiente, tras discutir con el Control de la Misión en Houston las actividades programadas, salieron para *Cinco Craters*, a 3,8 km del LM. A 152 m sobre el suelo del valle, estaban a la más alta elevación sobre el LM que ningún otro Apollo. Maravillándose de la visión desde ese lado del Stone Mountain, que Duke describió como *espectacular*, los astronautas colectaron muestras en el entorno y salieron para la segunda parada,



el material era *una apuesta razonable de ser Descartes* según el geólogo Don Wilhelms.



La siguiente parada era la estación 6, un cráter rocoso de 10 m de diámetro donde esperaban encontrar evidencia de la Formación Cayley. Pasaron la estación 7 para salvar tiempo y llegar a la 8 en la parte baja de Stone Mountain. Allí colectaron rocas de composición blancas y negras y rocas cristalinas más pequeñas ricas en silicato. Colectaron más material en la estación 9 y llegaron al final a mitad

de camino entre el ALSEP y el LM, donde hicieron otras pruebas. Young y Duke, pidieron extender el EVA 10 minutos con lo que volvieron al LM tras 7 horas, 23 minutos y 26 segundos, batiendo el record del Apollo XV.

En su tercer y último día, fueron a explorar el Cráter North Ray, el mayor visitado hasta el momento por cualquier expedición Apollo. Al llegar al borde, estaban a 4,4 km del LM. Sacaron fotografías y colectaron muestras. Después de 1 hora y 22 minutos de la llegada, salieron para la estación 13, un gran barranco alrededor de 0,5 km de distancia. Allí tomaron muestras de suelo que permanecía permanentemente a la sombra. Después de tres horas y seis minutos, volvieron al LM. Young condujo el Rover a un punto alrededor de 90 m al este del LM, conocido

como el 'lugar VIP' de manera que su cámara de TV, controlada remotamente desde el Control de la Misión en Houston, pudiera observar el despegue del Apollo XVI desde la superficie lunar.

Seis minutos después del despegue, a una velocidad de unos 5.000 km/h, Young y Duke alcanzaron la órbita lunar. El LM se reencontró con éxito con el CSM con el que se ensambló y se transfirieron las muestras lunares colectadas en la superficie. Luego la tripulación durmió antes de enviar la etapa de ascenso del LM a estrellarse en la superficie lunar.

Al día siguiente, después que todas las pruebas y comprobaciones estuvieron completas se prepararon para soltar el sub-satélite en órbita lunar desde el SIM del CSM. El encendido que alteraría la órbita del CSM para soltar el sub-satélite se había cancelado; como resultado, el satélite duró solo la mitad de lo que estaba previsto. Durante la órbita 65 del CSM, su Sistema de Propulsión de Servicio se encendió para volver a la Tierra. El motor del SPS funcionó sin problemas a pesar del problema que retrasó el aterrizaje lunar algunos días antes.



A una distancia de unos 310.000 km de la Tierra, Mattingly ejecutó una actividad extra-vehicular para recuperar varios casetes de película almacenados en la bahía del SIM del CSM. Aprovechando la salida, Mattingly montó un experimento biológico, el Equipo de Evaluación de Experimentación Microbiológico, el MEED. Este experimento solo se ejecutó en el Apollo XVI.

Tres horas antes del amerizaje en el Océano Pacífico, la tripulación ejecutó una corrección de trayectoria final de 0,43 m/s, y unos diez minutos antes de la reentrada en las atmosfera terrestre, el cono llamado CM se separó del SM que se quemó en la reentrada.



El CM amerizó en el Océano Pacífico, 350 km al sureste de la isla de Kiritimati (o *Isla de Pascua*), 290 horas, 37 minutos y 6 segundos después del lanzamiento. La cápsula y la tripulación fueron recuperadas por el *USS Ticonderoga*. Solo 37 minutos después del amerizaje estaban a bordo del *Ticonderoga*.

## ANEXO

1. El lanzamiento del XVI se retrasó un mes del 17 de Marzo al 16 de Abril debido a problemas técnicos. Durante el retraso, los trajes, el mecanismo de separación y las baterías del LM se modificaron y probaron. Había dudas con el mecanismo diseñado para separar el anillo de ensamblaje del CM, con el traje de Young y fluctuaciones en la capacidad de las baterías del LM. En Enero de 1972, tres meses antes del lanzamiento, un tanque de combustible del CM sufrió daños accidentales durante unas pruebas. El Saturno volvió al VAB y el tanque se reemplazó. Se volvió a la plataforma de lanzamiento en Febrero a tiempo para el lanzamiento previsto.
2. La cuenta atrás empezó el lunes 10 de Abril de 1972 a las 08:30. La tripulación estaba participando en los entrenamientos finales pensando en el 16 de Abril. Los astronautas pasaron su examen físico el 11 de Abril y el 15 se llenaron los tanques de Oxígeno e Hidrogeno líquidos.
3. Se decidió enfocar el XVI a la zona Descartes mientras que Alphonsus se reconsideró para el XVII. La zona de aterrizaje estaba entre dos jóvenes cráteres, Norte y Sur Ray de 1.000 m y 680 m de diámetro respectivamente, que permitían perforar agujeros naturales a través del regolito lunar y dejar expuesto el lecho rocoso para ser inspeccionado por la tripulación.
4. La comunidad científica sospechaba que el lugar estaba formado por vulcanismo lunar, pero esta hipótesis resultó incorrecta al examinar las muestras.
5. Los astronautas del XVI pasaron un entrenamiento extensivo para enseñarles conceptos y técnicas que usarían en la Luna. En Julio de 1971, fueron a Canadá como entrenamiento geológico, era la primera vez que astronautas lo habían hecho.
6. También se entrenaron con los trajes, se adaptaron a la gravedad lunar, a recoger muestras y a usar el Rover.
7. El primer uso del Rover les descubrió que la dirección trasera no funcionaba. Young lo comunicó al Control antes de colocar la cámara de TV y plantar la bandera con Duke. Más tarde, mientras aparcaban el Rover, la dirección trasera empezó a funcionar sin explicación.
8. Duke estableció un record de velocidad a 17,1 km/h colina abajo.
9. Duke dejó una foto de su familia y un medallón conmemorativo de las Fuerzas Aéreas Americanas en la superficie lunar. El reverso de la foto está firmado por la familia y lleva este mensaje: *Esta es la familia del astronauta Duke del Planeta Tierra. Aterrizamos en la Luna en Abril de 1972.*
10. Cuando se soltó el LM, y por un error de un conmutador, no ejecutó el encendido necesario para impactar en le superficie lunar. Eventualmente se estrelló en la Luna un año después.
11. El sub-satélite del Apollo XVI (PFS-2) era similar al primero, PFS-1, soltado 8 meses antes por el XV. *Las órbitas de ambos debían de ser elipses similares pero ocurrió algo curioso. La órbita del PFS-2 cambió rápidamente de forma y altura y en 2 ½ semanas el satélite estaba a 10 km de la superficie en su punto más cercano. La órbita seguía cambiando y pareció que se corregía al irse a 58 km. Pero no por mucho*

*tiempo. Inexorablemente, la órbita bajó de nuevo y el 29 de Mayo de 1972, solo 35 días y 425 órbitas después de soltarlo se estrelló en la superficie lunar.*

12. Años más tarde, tras un estudio de muchos satélites que orbitaron la Luna, los científicos descubrieron que la mayor parte de las órbitas bajas de la Luna son inestables. Desafortunadamente, el PFS-2 se colocó en una de las más inestables.
13. El barco *USS Ticonderoga* llevó el CM del Apollo XVI a la North Island Naval Air Station, cerca de San Diego, California el viernes 5 de Mayo de 1972. El lunes 8 de Mayo el equipo usado para vaciar los tanques de residuos tóxicos del CM explotó. 46 personas tuvieron que ir al hospital durante periodos de 24 a 48 horas para observación, la mayor parte por inhalación de gases tóxicos. El técnico más herido sufrió una rotura de una rodilla. Un agujero se formó en el techo del hangar a 80 m de altura y unas 40 ventanas se rompieron; el propio CM sufrió una grieta de 7,5 cm en un panel.
14. Duke donó ciertos efectos que llevó a la Luna, incluyendo un mapa lunar a la Universidad Kennesaw State de Kennesaw, Georgia. Otro objeto era una medalla conmemorativa de la Fuerza Aérea Americana que celebraba su 25 aniversario en 1972 y que fue al Museo de la Fuerza Aérea Wright-Patterson.
15. En 2006, poco después de que el Huracán Ernesto afectara Bath, Carolina del Norte, un niño de 11 años, Kevin Schanze, descubrió una pieza de metal con unas marcas que parecían la insignia del Apollo XVI. NASA lo confirmó como parte de la primera etapa del Saturno V. En Julio de 2011, tras una petición de NASA, la pieza se retornó y Kevin obtuvo un tour VIP del Kennedy Space Center y un asiento privilegiado para el lanzamiento del STS-135, la última misión del Transbordador Espacial.



## 17. APOLLO XVII

La décima y última misión del Programa Apollo. Era también el sexto aterrizaje de humanos en la Luna. La misión salió a las 12:33 (EST) el 7 de Diciembre de 1972 del LC 39-A del Kennedy Space Center. El lanzamiento se retrasó dos horas y cuarenta minutos debido a un corte automático del marcador de lanzamiento a los T-30 segundos en la cuenta atrás. El problema se determinó con celeridad que era un error técnico menor. El reloj se reajustó y paró a T-22 minutos mientras los técnicos arreglaban el problema para poder continuar con el lanzamiento. Esta pausa fue el único retraso en el Programa Apollo debido a un problema de equipo. Una vez que la cuenta atrás se resumió, todo transcurrió con normalidad y tras un lanzamiento normal, se adquirió órbita terrestre normal.



El Apollo XVII fue, así mismo, el primer lanzamiento nocturno de un vehículo tripulado y el último de un lanzador Saturno V. Era una misión tipo J que incluía tres días de estancia lunar, proyectos científicos extensos y el tercer Rover. Los astronautas regresaron a la Tierra el 19 de Diciembre después de doce días.

The crew for this mission was:

<b>Posición</b>	<b>Astronauta</b>
<b>Comandante</b>	Eugene Cernan
<b>Piloto del CM</b>	Ronald Evans
<b>Piloto del LM</b>	Harrison Schmitt



Para la tripulación de reserva ver el anexo.

Varios records de vuelos anteriores fueron batidos por el XVII, incluyendo el vuelo tripulado con aterrizaje en la Luna más largo, la más larga actividad extra vehicular, el mayor retorno de muestras y el mayor tiempo en órbita lunar.

Dado que el Apollo XVII era el último aterrizaje lunar del Programa, se consideraron los sitios de alta prioridad que no se habían visitado antes como futuros objetivos de la exploración científica. Después de eliminar unos cuantos, tres lugares fueron seleccionados y analizados: el Cráter Alphonsus, el Cráter Gassendi y el valle de Taurus-Littrow.

Se seleccionó el Taurus-Littrow bajo la predicción de que se podría encontrar material viejo de los remanentes de un corrimiento de las tierras altas que ocurrió en la pared sur del valle y la posibilidad de relativamente joven de actividad de explosiones volcánicas en el área.

El Apollo XVII era el primero en llevar el Experimento de Gravimetría Transversal (*TGE*), experimento construido por el Laboratorio Draper de MIT, y diseñado para proporcionar medidas relativas de gravedad en diferentes lugares del lugar del aterrizaje durante los EVAs. Los científicos usarían estos datos para obtener



información de la subestructura geológica del lugar y alrededores.

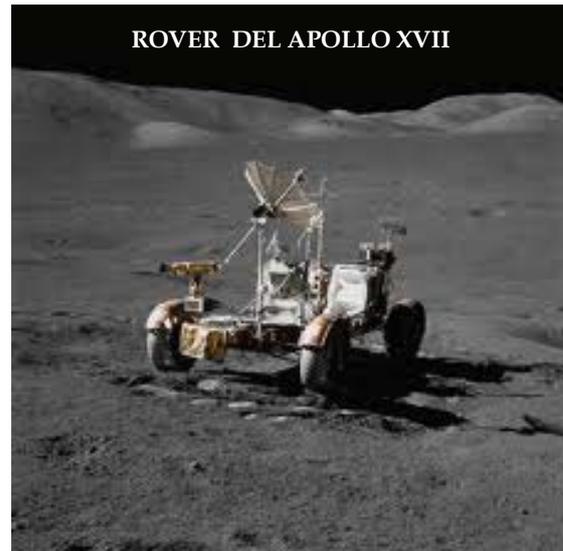
Un total de 26 medidas se tomaron con el TGE durante las tres EVAs con resultados muy productivos. Como parte del ALSEP, los astronautas desplegaron el Gravímetro Lunar de Superficie, un experimento similar que desafortunadamente no funcionó adecuadamente.

El Sector uno del XVII SM contenía la bahía SIM. El SIM contenía tres experimentos para uso en órbita lunar: un sonar lunar, un radiómetro de infrarrojos y un

espectrómetro de alta-ultravioleta. Una cámara de mapeo, una panorámica y un altímetro de laser también iban incluidos.

El sonar lunar mandaba impulsos electromagnéticos hacia la superficie lunar con el objetivo de obtener datos para ayudar a desarrollar un modelo geológico del interior de la Luna hasta una profundidad de 1,3 km.

El Radiómetro de Infrarrojos de escaneo estaba designado para generar un mapa de temperatura de la superficie lunar.



El Espectrómetro de Alta-ultravioleta obtendría datos de la composición, densidad y consistencia de la atmosfera lunar. Estaba también diseñado para detectar Alta radiación ultravioleta emitida por el Sol y reflejada de la superficie lunar.

El Altímetro Laser estaba diseñado para medir la altura de la nave sobre la superficie lunar con una resolución de 2 m, y proporcionar información a las cámaras de mapeo y panorámica.

El Apollo XVII era el primero en incluir un experimento de Propiedades Eléctricas de Superficie (*SEP*). Incluía dos importantes componentes, una antena transmisora colocada cerca del LM y una receptora en el Rover. En diferentes paradas durante las travesías de la misión, señales eléctricas viajaban del transmisor al receptor en el Rover a través del suelo. Las propiedades eléctricas del suelo lunar podían ser

determinadas comparando ambas señales. Los resultados del experimento, que son consistentes con la composición rocosa lunar, muestran que los 2 km superiores son extremadamente secos.



Aproximadamente a las 14:47 EST el 10 de Diciembre, el motor del SPS del CSM se encendió para reducir la velocidad y ser capturados por la Luna. Siguiendo a la inserción y estabilización orbital, empezaron las preparaciones para aterrizar.

Después de la separación del CSM, el LM *Challenger* ajustó su órbita y se preparó para el descenso. Entre tanto, el piloto del CM permanecería en órbita ejecutando experimentos programados y haciendo observaciones.

El Rover del Apollo XVII viajó una distancia total de 35,9 km en un tiempo total de uso de unas cuatro horas y veintiséis minutos; la distancia más grande alcanzada desde el LM fue aproximadamente de 7,6 km.

El primer paseo lunar empezó aproximadamente 4 horas después del aterrizaje, a las 18:55 el 11 de Diciembre. Su primera tarea era desplegar el Rover y otros equipos del Módulo Lunar. Mientras trabajaban cerca del Rover, un guardabarros se rompió accidentalmente cuando el martillo de Gene Cernan se enganchó bajo el trasero de la derecha rompiéndolo. *ocurrió en el Apollo XVI*. no era crítico para la guardabarros hacía que cubrieran de polvo estaba en movimiento.



*(Este mismo problema Aunque este problema misión, la pérdida del Cernan and Schmitt se cuando el Rover*

La tripulación desplegó oeste de la zona de departieron en su de la misión. En este de material, tomaron 7 gravímetro, tras lo que paquetes explosivos para probar los micrófonos de tierra, que habían sido montados por los astronautas, y los sismómetros que se habían colocado en misiones Apollo previas. El EVA duró siete horas y doce minutos.

entonces el ALSEP, al aterrizaje tras lo cual primer viaje geológico viaje recogieron 14 kg medidas con el desplegaron dos

La segunda excursión lunar empezó el 12 de Diciembre a las 18:28 EST. Una de las primeras tareas era la reparación del guardabarros trasero derecho del Rover.



Usaron unos mapas, cinta adhesiva y grapas uniendo todo como una extensión del guardabarros y previniendo que el polvo cayera sobre ellos cuando viajaban. Durante este EVA, recogieron depósitos geológicos del valle, incluyendo muestras de color naranja. El paseo lunar terminó tras 7 horas y 37 minutos. Colectaron 34 kg de materiales, desplegaron 3 paquetes explosivos más y tomaron 7 medidas del gravímetro.

El tercer paseo lunar, el último del Programa, empezó a las 17:26 EST el 13 de Diciembre. Durante esta excursión se colectaron 66 kg de material lunar y se tomaron nueve medidas del gravímetro. Antes de terminar el paseo, la tripulación recogió una roca, compuesta, y la dedicó a varias diferentes naciones que estaban representadas en el Centro de Control de la Misión en ese momento. Se descubrió, entonces, una placa colocada en el Módulo Lunar, conmemorando las hazañas conseguidas durante el Programa Apollo. Antes de entrar en el LM por última vez, Gene Cernan expresó sus pensamientos:

*Estoy en la superficie; y, mientras doy el último paso del hombre desde la Luna, de vuelta a casa por algún tiempo – pero creemos que no mucho en el futuro – Me gustaría decir lo que creo que la historia grabará. Que el reto de América de hoy ha forjado el destino del hombre de mañana. Y mientras abandonamos la Luna en Taurus-Littrow, nos vamos como vinimos, y si Dios quiere, volveremos: con paz y esperanza para toda la humanidad. Que Dios lleve a casa a la tripulación del Apollo XVII.*



Cernan, entonces, siguió a Schmitt al Módulo Lunar después de estar unas siete horas y quince minutos fuera en la excursión lunar final.



Cernan y Schmitt despegaron de la superficie lunar el 14 de Diciembre a las 05:55 EST. Tras un encuentro y ensamblaje exitoso con el CSM, la tripulación transfirió el equipo y el material lunar del uno al otro. Entonces, la etapa de ascenso del LM se cerró y se separó a las 01:31 del 15 de Diciembre y fue, deliberadamente, enviada a impactar en la superficie lunar en una colisión grabada por los sismómetros desplegados en el

Apollo XVII y previos.

El 17 de Diciembre, durante el viaje de vuelta a la Tierra, a las 15:27 EST, Ron Evans hizo un paseo espacial de una hora y siete minutos para recuperar la película de la bahía de Instrumentación en el exterior del CSM.

El 19 de Diciembre, la tripulación se deshizo del SM y se quedaron solo con el CM. Amerizaje ocurrió en el Océano Pacífico a las 14:25, a 6,4 km del barco de rescate, el *USS Ticonderoga*. Los astronautas fueron recuperados por los helicópteros de la Navy y fueron transferidos al barco 52 minutos después del amerizaje.

En 2009 y, de nuevo, en 2011, El Orbitador de Reconocimiento Lunar (*LRO*) fotografió la zona lunar desde órbitas cada vez más cercanas.



## ANEXO

1. Eugene Cernan, Ronald Evans, y el antiguo piloto de X-15 Joe Engle fueron elegidos como tripulación de reserva del XIV. Siguiendo el plan de rotación, serían la principal del XVII.
2. Harrison Schmitt estaba en la reserva del XV y, siguiendo la norma, sería piloto del LM en el XVIII. Pero el XVIII se canceló en Septiembre de 1970 y la comunidad científica presionó a NASA para asignar un geólogo a una misión lunar. Debido a esta presión, Schmitt, un geólogo profesional, fue asignado como piloto del LM para el XVII.
3. Subsecuentemente a la decisión de la asignación al XVII, quedaba la duda de qué tripulación (*la de reserva del XV, Dick Gordon, Vance Brand, y Schmitt, o la de reserva del XIV*) sería la principal de la misión. El Director de Tripulaciones de Vuelo de NASA, Deke Slayton, asignó la de reserva del XIV (*Cernan y Evans*), y añadió a Schmitt, como tripulación principal del Apollo XVII.
4. En todas las misiones Apollo, las tripulaciones observaron flashes de luz incluso con los ojos cerrados. Estos flashes, descritos como *puntos de luz*, eran observados cuando la nave estaba en la oscuridad durante los periodos de sueño. La frecuencia era de unos dos por minuto y eran independientes del viaje a la Luna, de estar en órbita lunar o del viaje de vuelta pero no en la superficie lunar.
5. En el XVII se probó un experimento, también probado en el XVI, con el objetivo de unir estos flashes con rayos cósmicos. El experimento, conducido por NASA y la Universidad de Houston, hacía que un astronauta llevara un aparato que grababa el tiempo, potencia y dirección de partículas atómicas de alta energía que penetraban el aparato. Análisis de los resultados dieron la razón a que los puntos de luz coincidían con partículas de alta energía.
6. Algunos medios llamaron *Apollo XVIII* al vehículo que se usó para la misión Apollo-Soyuz (*ASTP*) pero esto nunca fue refrendado por NASA oficialmente.
7. El peso total de material lunar colectado en la Luna por las misiones Apollo fue de 382 kg.

## 18. APOLLO XVIII - APOLLO XX

NASA estableció en 1968 un programa especial llamado Programa de Aplicaciones Apollo (AAP) sirviéndose de los Apollos XVIII al XX con el propósito de aumentar la exploración científica de la Luna y preparar el camino para establecer una base lunar permanente.

La falta de fondos y el bajo interés de los contribuyentes, acabaron con el proyecto. Varias insignias se habían diseñado para estos Apollos. Aquí hay algunas de ellas.



## 19. RED DE SEGUIMIENTO

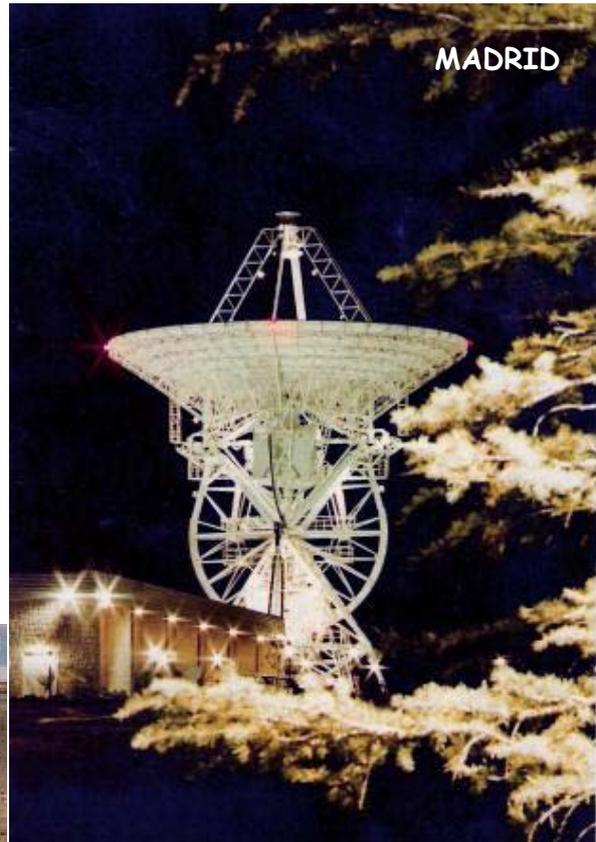
El Programa Apollo fue el más agresivo, intuitivo, con más trabajo y generador de ideas y diseños de la década de los 60. Acabó como un éxito sin precedentes; muchas veces simplemente por suerte pero la mayor parte de las veces por ingenio humano y conocimientos.

Pero este Programa no hubiera sido posible sin la ayuda del *MSFN* (*Red de Seguimiento de Vuelos Tripulados*). Esta red usaba Estaciones terrenas alrededor del

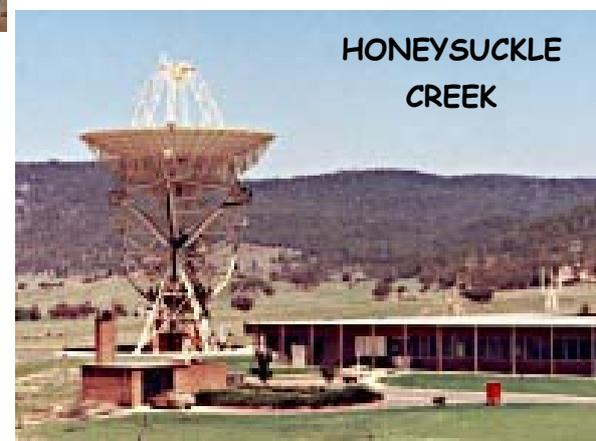


tarea específica.

El elemento principal del soporte de la misión eran las Estaciones terrenas con



mundo, barcos y aviones de seguimiento y la red más compleja de comunicaciones jamás usada para una



antenas de 26 m en Madrid, España; Honeysuckle Creek, Australia; y Goldstone, California, USA. Estas Estaciones estaban suplementadas por sus

## MRI HUNTSVILLE



gemelas del Espacio Lejano (DSN), también de 26 m, que residían en los mismos países y actuaban como reserva.

NASA tenía, así mismo, 3 AIS (*Barco de Instrumentación Apollo*) los: *Mercury*, *Redstone* y *Vanguard*, equipados con

varias antenas de 9 m, y un Barco de seguimiento de misiles, el *Huntsville*.

También tenían 4 Aviones de Instrumentación de Seguimiento Apollo (*ARIA*), originalmente Boeing C-135 Stratolifter, que más tarde fueron modificados mediante un contrato entre NASA, el DoD, McDonnell Douglas and Bendix para incluir una antena direccional de 2,1 m en su especial nariz, *Snoopy Nose*. Los EC-135N *ARIA* empezaron a operar en Enero de 1968.



El resto de la red estaba compuesta por varias antenas terrenas de 9 m localizadas

alrededor del mundo con capacidad de banda S, más otras con VHF o UHF o Radar de banda C ó más de una de esas capacidades.

Algunas de las más conocidas dada la cantidad de contactos con la nave Apollo eran:

1. Relacionadas con el lanzamiento y órbita cercana: MERRITT ISLAND (*MILA*), BERMUDA (*BDA*), CORPUS



CHRISTI (*TEX*), y CANARY ISLANDS (*CYI*).

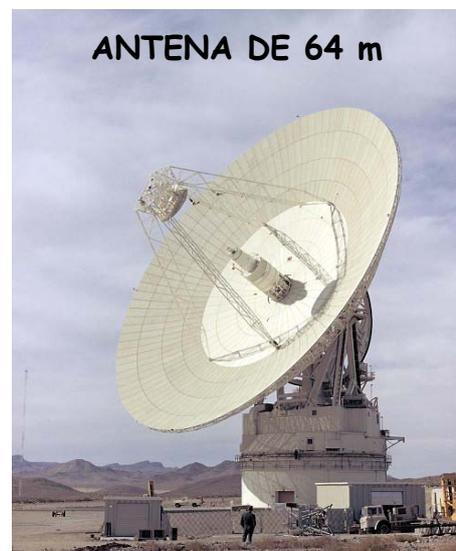
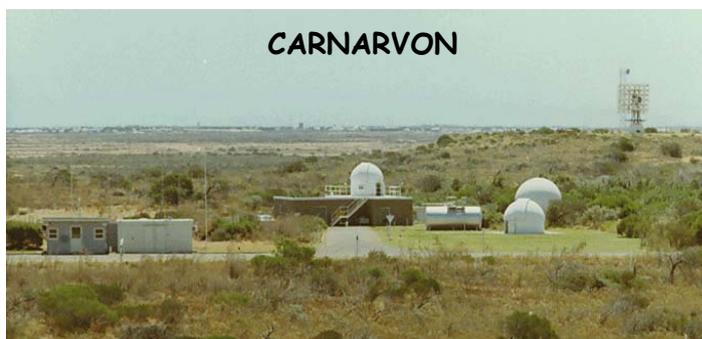
2. Relacionadas con operaciones orbitales y reentrada: ANTIGUA (*ANG*), ASCENSION ISLAND (*ACN*), CORPUS CHRISTI (*TEX*), GRAND BAHAMA ISLAND (*GBM*), GUAM (*GWM*), GUAYMAS (*GYM*), and KAUAI (*HAW*),

En adición, la antena de 64 m del Laboratorio de Propulsión a Chorro (*JPL*) en la Estación de Goldstone y la de 64 m de la Organización Científica, Industrial y de Desarrollo Australiana en Parkes, se usaron para seguimiento de los aterrizajes y las actividades extra vehiculares siempre que era posible.

Las comunicaciones de voz y datos a estas Estaciones desde el MCC pasaban por el Centro de Vuelos Espaciales Goddard, en Maryland y, subsecuentemente, por centros subsidiarios en Canberra, Londres, Madrid, y Honolulu.

Sin relación directa con el seguimiento pero para prevenir accidentes debidos a radiación excesiva estaba el *SPAN (Red de Alerta de Partículas Solares)*. Los tres observatorios de NASA estaban separados aproximadamente 120° alrededor del mundo y mantenían monitorización constante de la actividad solar. Eran: Boulder, USA; Islas Canarias, España; y Carnarvon, Australia.

Y finalmente, algunas de las antenas de 9 m con banda S tenían, también, banda X y/o Radar en banda C y se usaban como sistema de seguridad durante los lanzamientos para asegurar que un fallo del lanzador no afectara a la población general. El Oficial de Seguridad del Lanzamiento (*RSO*) tenía la responsabilidad de abortar o destruir un vehículo que volara fuera de su línea de trayectoria nominal y pudiera poner en peligro



la población. Durante el Apollo, algunas de estas Estaciones eran: Las Bahamas y Antigua, aunque NASA también recibía información de seguridad de La

Argentina, Newfoundland; Isla de Wallops, Virginia; o del Centro Espacial Kennedy (*KSC*).

## 20. CRÉDITOS

- Todas las fotografías mostradas en este ensayo son de publicaciones públicas en Internet. Este ensayo las incluye porque no está hecho para obtener ningún ingreso.
- Gracias a mi mujer, Estrella, y a mis hijas, Raquel and Sara, quienes siempre me han animado en mi intención de hacer este escrito y me han animado a no dejarlo de lado.
- Gracias al Dr. Bautista, Ilorada Pilar del Rio, Luis R. Gopegui, Luis Antón, Andrés Ripoll, difunto José Luis Fernandez y toda la jefatura de Fresnedillas y Robledo que confiaron en mi capacidad para hacer el trabajo de Operaciones cuando me contrataron.
- Gracias especiales a mi AMIGO James A. Hodder (*DSN OPS MGR en JPL*) que me ayudó a que mi Inglés escrito fuera entendible.
- Gracias especiales a mi llorado AMIGO Thomas L. Cleary (*Proceso de Imágenes en JPL, técnico de USB en Madrid y en dos de los barcos de seguimiento del Programa*) por su apoyo a este proyecto.
- Gracias especiales a mi AMIGO José Manuel Grandela por revisar este ensayo varias veces y apuntar errores, malos hábitos de escritura y encontrar, además, información que yo no fui capaz de encontrar.
- Gracias especiales a Vincent Terencio (donde quiera que estés) que fue mi mentor en mis primeros días en la Estación de Madrid.
- Gracias al equipo del Madrid WING en Robledo, donde aprendí Disciplina, Competencia, Confidencia, Responsabilidad, Trabajo duro y Trabajo en equipo. Y ayudaron a modelar mi actitud.
- Gracias a todos mis amigos, Fresnedillas y Robledo, que me ayudaron a hacer mi trabajo fácil por ser capaces de hacer el suyo perfecto.
- Gracias a todos esos, Americanos o Españoles, que compartieron conmigo la emoción de la Carrera Espacial y están orgullosos de ello.
- Mención especial a mi amigo José Araujo. Su entusiasmo por todos los proyectos NASA y, en particular, por la Carrera Espacial, es tan contagioso que me hizo considerar seriamente que esa parte de la Historia no podía pasar desapercibida. Debemos tomar en consideración que esto es parte de la Historia de la Humanidad y no solo de un País específico.

## 21. BIBLIOGRAFIA

- *First Men to the Moon*, Holt, Rinehart and Winston, New York (1958). Portions of work first appeared in *This Week Magazine*.
- *Daily Journals of Werner von Braun, May 1958 – March 1970*.
- *History of Rocketry & Space Travel*, New York, Crowell (1975). With Frederick I. Ordway III.
  - 2nd Edition; Estate of Wernher von Braun; Ordway III, Frederick I & Dooling, David Jr. (1985) [1975]. *Space Travel: A History*. New York: Harper & Row. ISBN 0-06-181898-4.
- Slayton, Donald K. *Deke*; Cassutt, Michael (1994). *Deke! U.S. Manned Space: From Mercury to the Shuttle (1st ed.)*. New York: Forge (St. Martin's Press). p. 354. ISBN 0-312-85503-6. [LCCN](#) 94-2463. [OCLC](#) 29845663.
- Shepard, Alan B.; Slayton, Donald K. (1994). *Moon Shot: The Inside Story of America's Race to the Moon (1st ed.)*. Atlanta: Turner Publishing. ISBN 1-878685-54-6. [OCLC](#) 29846731. Author in name only.
- THE ASTRONAUTS Themselves; Carpenter, M. Scott; Cooper, L. Gordon, Jr.; Glenn, John H., Jr.; Grissom, Virgil I.; Schirra, Walter M., Jr.; Shephard, Alan B., Jr; Slayton, Donald K. (1962). *We Seven*. New York: Simon and Schuster, Inc. p. 473. Credited as "by THE ASTRONAUTS Themselves" on book cover. Names listed on title page.
- *Failure Is Not an Option: Mission Control from Mercury to Apollo 13 and Beyond* Gene Kranz, Simon and Schuster, 2000, ISBN 978-0-7432-0079-0.
- *Lost Moon* by James Lovell (ISBN 0-671-53464-5).
- *Men from Earth* by Edwin E. Aldrin Jr. ISBN 0553053744 (ISBN13: 9780553053746).
- *Magnificent Desolation: The Long Journey Home from the Moon* by Edwin E. Aldrin Jr. ISBN 0307463451 (ISBN13: 9780307463456).
- *Moon Shot: The Inside Story of America's Race to the Moon* by Alan Shepard, Jay Barbree, Donald K. Slayton ISBN 1878685546 (ISBN13: 9781878685544).
- *The Last Man on the Moon: Astronaut Eugene Cernan and America's Race in Space* by Gene Cernan (ISBN 0-312-19906-6).
- *Thirteen: The Apollo Flight That Failed* by Henry S.F. Cooper, Jr. (ISBN 0-8018-5097-5).
- *Deke!: An Autobiography*, Forge Books (June 15, 1995) (ISBN-10: 031285918X) .

## 22. GLOSARIO DE TÉRMINOS

<b>AAP</b>	<b>Programa de Aplicaciones Apollo</b>
<b>AIS</b>	<b>Barco de Instrumentación Apollo</b>
<b>ALFMED</b>	<b>Experimento de Luz de Flash en Apollo</b>
<b>ALSEP</b>	<b>Equipo de Experimentos de Superficie Lunar Apollo</b>
<b>APS</b>	<b>Sistema de Propulsión de Ascenso</b>
<b>ARIA</b>	<b>Avión de Instrumentación de Apollo</b>
<b>ASPO</b>	<b>Oficina del Programa de la Nave Apollo</b>
<b>ASTP</b>	<b>Programa de Test del Apollo-Soyuz</b>
<b>CapCom</b>	<b>Comunicador con la Cápsula</b>
<b>CM</b>	<b>Módulo de Mando</b>
<b>CMDR</b>	<b>Comandante</b>
<b>CMP</b>	<b>Comandante Piloto del Módulo de Mando</b>
<b>DoD</b>	<b>Departamento de Defensa</b>
<b>DOI</b>	<b>Inserción en Órbita de Descenso</b>
<b>DPS</b>	<b>Sistema Propulsor de Descenso</b>
<b>CSM</b>	<b>Módulo de Mando y Servicio</b>
<b>DSN</b>	<b>Red de Espacio Lejano</b>
<b>EASEP</b>	<b>Primer Paquete de Experimentos Científicos Apollo</b>
<b>EECOM</b>	<b>Jefe de Electricidad, Climatización y Consumibles</b>
<b>EMU</b>	<b>Unidad de Movilidad Extra Vehicular</b>
<b>EST</b>	<b>Tiempo Estándar del Este</b>
<b>ETB</b>	<b>Bolsa de Transferencia de Equipo</b>
<b>EVA</b>	<b>Actividad Extra Vehicular</b>
<b>GMT</b>	<b>Tiempo de Greenwich</b>
<b>GSFC</b>	<b>Centro de Vuelos Espaciales Goddard</b>
<b>GSE</b>	<b>Equipo de Apoyo de Tierra</b>
<b>ICBM</b>	<b>Misiles Balísticos Inter Continentales</b>
<b>IU</b>	<b>Unidad de Instrumentación</b>
<b>LC</b>	<b>Complejo e Lanzamiento</b>
<b>LM</b>	<b>Módulo Lunar</b>
<b>LMP</b>	<b>Piloto del Módulo Lunar</b>
<b>LRV</b>	<b>Vehículo Móvil Lunar (ROVER)</b>
<b>MCC</b>	<b>Centro de Control de la Misión</b>
<b>MDSCC</b>	<b>Complejo de Comunicaciones de Espacio Lejano de Madrid</b>
<b>MEED</b>	<b>Dispositivo de Evaluación Ecológico de Microbiología</b>
<b>MET</b>	<b>Transporte de Equipo Modular</b>
<b>MIT</b>	<b>Instituto de Tecnología de Massachusetts</b>
<b>MSFN</b>	<b>Red de Vuelos Espaciales Tripulados</b>

<b>MSS</b>	<b>Estructura de Servicio Móvil</b>
<b>NAA</b>	<b>Asociación Aeronáutica Nacional</b>
<b>NASA</b>	<b>Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio</b>
<b>OPS</b>	<b>Operaciones</b>
<b>PFS</b>	<b>Sub-satélite de Partículas y Campos</b>
<b>PLSS</b>	<b>Sistema Portable de Soporte de Vida</b>
<b>PTC</b>	<b>Control Térmico Pasivo</b>
<b>RSO</b>	<b>Oficial de Seguridad de Alcance</b>
<b>SA-XYX</b>	<b>Saturno/Apollo</b>

**X = Tipo de Saturno**

**YY = Modelo del Saturno (X)**

**E.G. AS-503 (Tercer modelo de un Saturno V para Saturno/Apollo)**

<b>SCE</b>	<b>Equipo de Acondicionamiento de señales</b>
<b>SEP</b>	<b>Propiedades Eléctricas de Superficie</b>
<b>SIM</b>	<b>Módulo de Instrumentación Científica</b>
<b>SM</b>	<b>Módulo de Servicio</b>
<b>SPAN</b>	<b>Red de Alerta de Actividad Solar</b>
<b>SPS</b>	<b>Sistema de Propulsión de Servicio</b>
<b>STS</b>	<b>Sistema de Transporte Espacial</b>
<b>S-IC</b>	<b>Primera Etapa de un Vehículo Saturno V</b>
<b>S-II</b>	<b>Segunda Etapa de un Vehículo Saturno V</b>
<b>S-IVB</b>	<b>Tercera Etapa de un Vehículo Saturno V</b>
<b>TEC</b>	<b>Rumbo Tras Terrestre</b>
<b>TEI</b>	<b>Inyección Tras Terrestre</b>
<b>TGE</b>	<b>Experimento de Gravimetría Transversa</b>
<b>TLI</b>	<b>Inyección Tras Lunar</b>
<b>TLC</b>	<b>Rumbo Tras Lunar</b>
<b>TONY</b>	<b>Anthony Wayne (Tony) England (Comunicador en EVA)</b>
<b>ULT</b>	<b>Torre de Lanzamiento Umbilical</b>
<b>VAB</b>	<b>Edificio de Ensamblaje de Vehículos</b>