

CHARLA EN EL ATENEO DE MADRID
C/ Prado 21
FECHA: VIERNES 22 DE NOVIEMBRE DEL 2013.
HORA: 7:00 de la tarde.
Local: Sala Nueva Estafeta / Segunda planta.
(Hay ascensor)

REGRESO A LA LUNA

Luis Ruiz de Gopegui

Muy buenas tardes a todos los presentes y muchas gracias por vuestra asistencia.

En primer lugar quiero agradecer a la Doctora Emilia Currás por su amable presentación y por haber coordinado todo lo relacionado con esta charla. También me gustaría darle las gracias a Santiago Currás, Presidente de esta Sección de Ciencia y Tecnología, porque creo que al final conducirá el Turno de Preguntas.

* * * * *

1. ANTECEDENTES.

Los dos Programas más importantes de investigación y desarrollo de NASA son: el de **Vuelos Tripulados** y el de **Sondas Robóticas** dirigidas al espacio profundo. Este segundo Programa lo tiene contratado, desde hace mucho tiempo, con el **"JPL"** ("Jet Propulsion Laboratory"), situado en la localidad de Pasadena (California) y perteneciente al Instituto Tecnológico de California (CALTEC). Es evidente que este Programa está logrando grandes éxitos, debidos fundamentalmente a la excelente categoría profesional de los que lo dirigen, todos miembros del CALTEC. Como ejemplo se podría citar, entre los muchos existentes, que hace poco tiempo la NASA confirmó que una de las naves robóticas construidas por el "JPL", la **"Voyager**

1" (DIAPO 1), había abandonado el sistema solar y seguía navegando por el espacio interestelar "sana y salva", después de casi 40 años de travesía.

Por desgracia no ocurre lo mismo con el Programa de Vuelos Tripulados, asentado fundamentalmente en **Houston** y dirigido en muchas ocasiones por astronautas retirados que, lógicamente, no son las personas más apropiadas para hacerlo. Después de unos comienzos gloriosos (años 1965 a 1975) en los que se logró **la llegada del hombre a la Luna** (DIAPO 2), posiblemente el hecho tecnológico más importante del siglo pasado, NASA desarrolló el **Transbordador Espacial** (DIAPO 3) que, a pesar de dos gravísimos accidentes (Challenger y Columbia) que costaron la vida a 14 aguerridos astronautas, es preciso reconocer que ha tenido algunos éxitos importantes como, por ejemplo, las varias reparaciones del Telescopio Espacial Hubble. Sin embargo estos limitados éxitos no justifican su coste desorbitado. Después del Transbordador, la Oficina de Vuelos Tripulados se volcó en **la Estación Espacial Internacional**, que por desgracia ha sido un silencioso fracaso, pero sin ninguna duda un auténtico fiasco, por no haber logrado ninguno de los cuatro objetivos para los que fue construida. Posteriormente, en diciembre de **2006**, la NASA puso en marcha un nuevo programa para **regresar a la Luna** (DIAPO 4), que incomprensiblemente fue cancelado en **2010**, cuando ya se había invertido mucho dinero en el.

Es evidente que en los últimos 25 años, la Oficina de la NASA que dirige los Vuelos Tripulados viene dando muestras de un **gran desconcierto**. Sin ir más lejos, el pasado 7 de septiembre (2013), la NASA lanzó al espacio la sonda no tripulada **Ladee**, destinada a orbitar la Luna y estudiar la naturaleza más íntima de su tenue atmósfera, a fin de averiguar, entre otras cosas, si los diminutos cristales que pudiera haber en ella resultarían peligrosas para los astronautas que visiten la Luna en el futuro, en el caso de que sus estancias fueran de larga duración. Varias voces de la propia NASA han manifestado su asombro ante esta misión espacial diciendo: ¿para qué queremos estudiar esos hipotéticos peligros si no estamos pensando en volver a la Luna?

Sin que lo que voy a decir a continuación sirva para justificar este desconcierto, me gustaría señalar que dado que la Oficina de Vuelos Tripulados maneja una parte muy importante del presupuesto de la NASA, que asciende a muchos millones de dólares en lo referente a vuelos tripulados, hay que comprender que dicha Oficina está constantemente sometida a **tremendas presiones** por los grandes "lobbys" del Parlamento de los EE UU.

2. POSIBLES ALTERNATIVAS.

En los despachos de la NASA se barajan las siguientes alternativas para intentar enderezar el futuro de la Oficina de Vuelos Tripulados:

- 1). Realizar un viaje tripulado al planeta **Marte**.
- 2). Realizar una misión tripulada a algún **cometa o asteroide**.
- 3). Enviar seres humanos de nuevo a **la Luna**.
- 4). Algunas otras posibilidades, como construir una nueva Estación Espacial más moderna o un nuevo Transbordador más funcional, que evidentemente son muy poco atractivas por ser esencialmente repetitivas.

En mi modesta opinión, hablar ahora del **viaje tripulado a Marte** (DIAPO 5) no tiene ningún sentido, salvo por su posible efecto propagandístico, que la NASA viene "cacareando" (perdón por la expresión) desde 1970. De sobra es conocido que con la tecnología que poseemos en la actualidad, o con la que podríamos alcanzar en un futuro próximo (20 años), no se podría realizar esa excursión a nuestro planeta vecino. A su vez intentar mejorar esa tecnología en un periodo de tiempo corto, entre 20 ó 30 años, requiere un tremendo esfuerzo económico al que la NASA estaría muy lejos de poder hacer frente. Hay otro factor muy importante que desaconseja este viaje, dado que se trata de, lo que los americanos llaman "**programa de un sólo disparo**" ("*single shoot*"), es decir, una vez puesto en marcha, se haría un único viaje al planeta, por eso y suponiendo con fuera una cooperación internacional, una vez iniciado ya no se podría incorporar ningún otro país al programa. No hay que olvidar que la NASA por sí sola no podría hacer frente al tremendo coste de este proyecto, por eso tendría que intervenir en él otros países.

Es evidente que cualquier misión espacial que emprenda la Agencia Americana en el futuro, debería realizarse a través de una **amplia cooperación internacional**. Esto, no es sólo por razones económicas, que son muy importantes, pero también por la imperiosa necesidad de la política internacional del momento. En los tiempos que corren no tiene ningún sentido emprender un proyecto espacial de gran

envergadura monopolizado exclusivamente por un país, aunque ese país sea EE UU.

Analicemos ahora la segunda alternativa. **El viaje tripulado a algún asteroide o cometa** me parece un programa totalmente vacío y falto de interés. Cualquier interrogante que convenga investigar en esos cuerpos celestes, se puede lograr perfectamente con las sondas robóticas, de las que disponemos en la actualidad. Creo, sinceramente, que esa misión espacial no tendría ningún apoyo por parte de los contribuyentes americanos, en caso de que la Oficina de Vuelos Tripulados intentara ponerla en práctica.

La tercera posibilidad, **Regresar a la Luna**, creo sinceramente que es la más prometedora. Muchos os preguntarán: ¿Para que serviría regresar a la Luna? Si se regresa a la Luna, sería para construir y explotar una **"Base Lunar Permanente"** (DIAPO 6) en ella. Se trataría de establecer un asentamiento en la Luna que fuera algo parecido a los que los científicos utilizan cuando, por ejemplo, intentan explorar la Antártida. Conviene recordar que cuando los astronautas de las misiones Apolo fueron a la Luna, desplegaron allí algo así como una de "tienda de campaña", evidentemente muy provisional. Lo que debería hacerse ahora tendría que ser: **"Un Asentamiento Permanente"** (DIAPO 7). Una especie de refugio, al que podrían ir científicos, permanecer en el un par de semanas haciendo determinados experimentos, y luego regresar a la Tierra para que otro grupo pudiera ocupar su puesto en la Luna.

3. CONSTRUCCIÓN DE UNA BASE LUNAR PERMANENTE.

Una Base Lunar de estas características debe estar compuesta principalmente por los siguientes módulos o elementos:

- 1). Habitáculo o **refugio** para los astronautas o científicos que trabajen en ella.
- 2). Planta de **energía eléctrica** que deberá ser atómica en las primeras fases y solar cuando la Base esté casi terminada.
- 3). **Laboratorio** de múltiples usos, principalmente para experimentar con materiales lunares.
- 4). **Almacén** para los diversos consumibles que sean necesarios en la Base.

5). **Infraestructuras** para el aprovechamiento de los recursos lunas.

6). Una o dos **plataformas** cimentadas para facilitar el aterrizaje de las naves procedentes de la Tierra y las que despeguen desde la Luna hacia ella (DIAPO 8).

7). Algunos observatorios astronómicos, que evidentemente será de las últimas instalaciones que se construya.

Muchos estaréis pensando que será extremadamente difícil construir una Base con estas características, dado lo **inhóspito** del ambiente lunar. En efecto, no se trata en absoluto de un asunto sencillo y llevará muchos años de trabajo. La primera gran dificultad será que los astronautas que lo vayan a hacer tendrán que superar durante largas estancias, del orden de uno o dos meses, los **grandes problemas inherentes al enclave lunar**. Allí, al no haber atmósfera ni campo magnético, las **radiaciones** provenientes del Sol y de lo más profundo de la galaxia (rayos cósmicos), son letales, porque inciden con máxima intensidad, por tanto los que se desplacen a la Luna para su construcción o para realizar cualquier tipo de investigaciones, deberán llevar trajes especiales que les protejan contra esas radiaciones. Además, en nuestro satélite hay una lluvia constante de **micrometeoritos**, que pueden afectar muy negativamente a los que trabajen allí. Por último, las **temperaturas** en la Luna son muy extremas y cambian bruscamente desde + 110 ° C, cuando el Sol la ilumina, hasta - 180 ° C, en los largos periodos de oscuridad. Es cierto que los astronautas de las **misiones Apolo** (DIAPO 9), que hace décadas estuvieron en la Luna, ya pudieron vencer todas estas dificultades, aunque lo hicieron durante periodos de tiempo que nunca superaron diez días y este no sería el caso de la Base Lunar..

La **técnica de construcción** (DIAPO 10, 11 y 12) deberá comenzar por enviar dos o tres **módulos armados desde la Tierra**, para que sirvan de refugio de los astronautas que vayan a trabajar en la Base (DIAPO 13). Más adelante se podrán construir algunas **instalaciones enterradas** parcial o totalmente (DIAPO 14). Se sabe que a una profundidad de 1 metro la temperatura ya es sólo de - 20° C. A su vez, un recubrimiento de 3 ó 4 metros de espesor, hecho con **regolito lunar**, protege perfectamente contra las radiaciones. El regolito lunar es una capa de poco espesor que cubre la superficie de la Luna, formada por polvo y rocas bastante pequeñas que provienen del continuo bombardeo de meteoritos sufrido por nuestro satélite natural desde su formación. Posteriormente se podrán construir algunos pequeños habitáculos con

ladrillos o losas fabricados en la propia Luna a partir de materiales existentes en ella (DIAPO 15 y 16).

Otro problema complicado será el de la **generación de energía eléctrica** indispensable para la vida en la Luna. La solución más sencilla durante los **días lunares**, sería recurrir a energía solar, ya sea fotovoltaica o termovoltaica (DIAPO 17 y 18) y, para las **noches lunares**, habría que recurrir a generadores nucleares, acumuladores convencionales o **pilas de combustible**. En estos últimos dispositivos se obtiene electricidad y agua a partir de la **reacción química del hidrógeno con el oxígeno**. Son aparatos sobre los que se tiene mucha experiencia porque se han utilizado ya en anteriores vuelos espaciales. Es importante señalar que el agua que producen estas pilas se puede emplear para el consumo humano.

4. CIENCIA EN LA LUNA.

El objetivo principal de regresar a la Luna sería para desarrollar proyectos científicos en ella. Durante las misiones Apolo, se hizo **muy poca ciencia** en nuestro satélite natural, porque aquellas misiones no estaban planificadas para ello. Sin embargo, la Luna es un lugar privilegiado para hacer astronomía avanzada desde su superficie, que es lo que habría que hacer ahora.

En un Congreso Internacional celebrado hace algunos años en Houston (Texas), (DIAPO 19 y 20) con la participación de más de cien científicos de todos los lugares del planeta, la conclusión más importante a la que llegaron fue: ***"Posiblemente la Luna constituya el mejor lugar, dentro del sistema solar interno, para realizar investigación astronómica avanzada"***.

Por ejemplo, en **interferometría de larga base** se mejoraría el poder de resolución en un factor de diez mil. Además abriría una nueva "ventana" en radio astronomía para bajas frecuencias de gran utilidad para estudiar las **ondas gravitatorias y el comportamiento de los neutrinos** (DIAPO 21).

Las principales ventajas de la Luna para hacer astronomía avanzada desde ella son:

1. Su atmósfera es prácticamente inexistente.

2. Es una plataforma con una estabilidad enorme.
3. Su contaminación radioelétrica es extremadamente baja especialmente en su cara oculta.
4. Posee zonas criogénicas naturales.
5. Su gravedad es bastante reducida (1/6 con respecto a la de la Tierra) lo que permite construir con relativa facilidad estructuras pesadas (DIAPO 22, 23 y 24).
6. Existen numerosos cráteres de impacto, de tamaño medio, muy útiles para construir antenas parabólicas dentro de ellos (DIAPO 25 y 26) similares a la famosa antena de Arecibo en Puerto Rico. (DIAPO 27).

5. TURISMO LUNAR.

Otra aplicación de la Base Lunar que podría ser muy interesante, aunque no en el futuro inmediato, sería dar paso al *"turismo lunar"*. Existen varios estudios muy rigurosos sobre la rentabilidad de construir un **"Hotel para turistas en la Luna"**, que auguran que, a medio plazo, podría ser un buen negocio. Hay más de una cadena hotelera analizando con detalle esta posibilidad (DIAPO 28). Hasta ahora el turismo espacial es algo que sólo vale para deslumbrar a millonarios ingenuos ansiosos de cualquier novedad. Son vuelos al espacio pero de muy corta duración, que ni siquiera entran en órbita terrestre, por lo que sólo dan lugar a obtener un certificado a cambio de muchos millones de euros. Para que el turismo lunar sea rentable se necesitarían dos requisitos:

- 1). Aumentar la seguridad de estos viajes en un factor del orden de veinte.
- 2). Reducir el coste de los mismos en un factor del orden de ochenta.

Nadie pone en duda que, con los constantes avances tecnológicos en los que estamos inmersos, estas dos limitaciones se podría lograr dentro de tres o cuatro décadas.

6. RECURSOS LUNARES.

Respecto a los recursos lunares que podrían ser **útiles para la construcción de la Base**, son muy variados. Por ejemplo, del **regolito lunar** se puede extraer:

- 1). Un 45% de dióxido de silicio.
- 2). Del 80 % al 20 % de algún óxido de aluminio.
- 3). Del 20 % al 4 % de óxido de hierro.
- 4). Del 17 % al 4 % de óxido de magnesio.
- 5). Del 18 % al 9 % de óxido de calcio.
- 6). Además de ciertas cantidades de titanio, sodio y cromo.

En consecuencia, es posible **producir con relativa facilidad**, oxígeno, silicio, hierro, aluminio, calcio y magnesio, todo ello a partir del regolito lunar, fácil de recoger. También se pueden obtener materiales de construcción, como **cemento y resinas**.

Se ha especulado mucho sobre si existe en la Luna algún material que valiera la pena traerlo a la Tierra. Del que más se ha hablado es del **"Helio-3"**. Se trata de un gas, escasísimo en la Tierra, que es posible que en un futuro, cada vez más cercano, podría ser de utilidad si se logre la fusión nuclear. Al "Helio-3" se le ha llamado pomposamente *"astrofuel"*. Aseguran algunos expertos que un reactor de fusión que utilice "Helio-3" combinado con un isótopo del Hidrógeno y con Deuterio tendría la ventaja, al menos en teoría, de ser muy eficiente y, lo más importante, producir residuos muy poco contaminantes.

Eso, indudablemente, podría ser muy interesante, porque como decía **James Canton**: *"La edad de piedra no se acabó por falta de piedra. Del mismo modo, la era del petróleo acabará mucho antes que la Tierra se quede sin ese líquido tan preciado"*. Con esto quiero decir que, sin duda, estamos a las puertas de una nueva edad, la energía nuclear de fusión.

No hay que olvidar que el "Helio-3" se puede obtener fácilmente en la Luna, porque allí es muy abundante, dado que desde hace millones de años se viene depositando sobre su superficie traído por el viento solar. **Únicamente sería necesario recoger el regolito y luego calentarlo convenientemente para separar el "Helio-3"**.

Nadie duda que el coste de obtención del "Helio-3" lunar y su transporte hasta la Tierra puede ser muy elevado, a pesar de ello, el precio de lo que podría llamarse "*el barril de Helio-3*", posiblemente fuera competitivo, sobre todo si en algún momento se hiciera necesario.

Quiero también decir que, a pesar de haberse hablado mucho del "Helio-3" lunar, sin embargo, varios **expertos en reactores nucleares aseguran** no conocer la posibilidad de utilizar ese gas en sus reactores. Aunque también es cierto que actualmente hay un **proyecto conjunto de indios y japoneses**, para enviar a la Luna una sonda robótica que recoja "Helio-3" y lo traiga a la Tierra.

7. AGUA EN LA LUNA.

Queda un tema muy importante que deberíamos analizar. **¿Hay agua en la Luna?** Sabido es que el suelo lunar es extraordinariamente seco. Sin embargo, los científicos creen que en las **zonas de umbría** de algunos cráteres muy profundos, situados cerca de los polos lunares, en las que nunca inciden los rayos del Sol, debería haber grandes cantidades de hielo procedentes del intenso bombardeo de cometas que nuestro satélite ha debido sufrir desde su creación. Si no estoy equivocado, la sonda "**Clementine**" de la NASA, lanzada en 1994, descubrió varios de estos cráteres. Como el "Aitkin", de 200 kilómetros de diámetro y 10 de profundidad. Gracias a la utilización del radar de esta sonda, se pudo detectar la "*apariencia*" de hielo. Más aún, otra sonda, no recuerdo ahora su nombre, pero que también pertenecía a la NASA, **confirmó estos resultados**, aunque también es cierto que posteriormente la estrellaron contra esas supuestas masas de hielo, con la esperanza de poder ver desde la Tierra, a través de potentes telescopios, las salpicaduras del hielo y lo cierto es que **no pudieron distinguirlas**.

Lo cierto es que hay muchos científicos que están convencidos de que en la Luna tiene que haber **hielo superficial** y, además, sospechan que también debería existir **agua en su subsuelo**, en forma de pequeños lagos subterráneos, procedentes de las inevitables filtraciones del agua depositada por los cometas.

Además de lo dicho, se han ensayado algunas máquinas que pueden proporcionar agua a partir del regolito lunar.

8. OTRAS POSIBLES APLICACIONES DE LA BASE LUNAR.

Antes de terminar, me gustaría añadir que la Luna, además de una inigualable plataforma para investigación astronómica, puede servir también como:

- 1), Capo ideal para experimentación en robótica.
- 2). Lugar muy favorable para el entrenamiento de futuros astronautas.
- 3). Laboratorio para investigación en medicina espacial.
- 4). **Cementerio para el almacenamiento de residuos nucleares de larga vida activa**, sin miedo a que los ecologistas puedan alegar que eso sería contaminar la Luna, porque la Luna está ya totalmente contaminada, desde hace muchos siglos, debido a las continuas radiaciones letales que inciden sobre ella.

9. TRANSPORTE TIERRA LUNA.

El tema del transporte Tierra-Luna es de primordial importancia. Es un asunto que está resuelto hace medio siglo, pero para facilitar la construcción y desarrollo de la Base Lunar sería muy conveniente reducir sus costes al máximo, dado que para este propósito se requerirían muchos viajes entre la Tierra y la Luna.

Un hecho a tener en cuenta es que ir de la Tierra a la Luna es sólo **un 30 % más costosa**, en términos energéticos, que ir de la Tierra a órbita terrestre como la de la Estación Espacial, si se utiliza un lanzador apropiado y no el Transbordador Espacial de la NASA que es costosísimo, dado que esta construido para transportar cargas muy pesadas..

Yo estoy preparando un **debate** sobre este tema que me gustaría organizar en la Agrupación Astronómica de Madrid. Si logró llevarlo a feliz término, prometo avisaros cuando vaya a tener lugar.

10. CONCLUSIÓN.

Como conclusión final, me gustaría insistir una vez más en que la misión espacial que debería emprender la NASA en estos momentos de desconcierto debería ser: **"LA BASE LUNAR PERMANENTE"**. Este gran

proyecto tiene enormes alicientes. A mi entender, el más importante es que podría **daría paso a una gran cooperación internacional** abierta en el tiempo a todos los países que quisieran colaborar, ya que podría incorporarse al mismo en el momento que les resultara más conveniente, enviando a ella a sus astronautas y a sus científicos para construir nuevas instalaciones o para realizar observaciones astronómicas o cualquier tipo de experimentos mediante el instrumental ya existentes en la Base.

Opino que la NASA debería ser un poco más intrépida, como lo fue en los tiempos de las misiones Apolo. Deberían pensar con más audacia. Si se lograra construir una gran Base Permanente Internacional en la Luna, es muy probable que algún día se lograrían hacer en ella avances que hoy nos parecen imposibles, como agricultura y ganadería lunares, explotando las cuevas de origen volcánico que deben existir en nuestro satélite, así como dar paso al turismo lunar y otras mil maravillas.

Ya no podemos pensar que la Luna es algo inalcanzable, a donde se fue sólo por un reto político. La Luna está aquí, muy cerca de la Tierra, para que podamos ir a explotarla gastando posiblemente menos de lo que se está invirtiendo en la Estación Espacial Internacional.

Y con esto termino.

Perdonad si he sido demasiado extenso.

11. TURNO DE PREGUNTAS.

Y ahora haced todas las preguntas que queráis.

FILENAME: REGRESO A LA LUNA

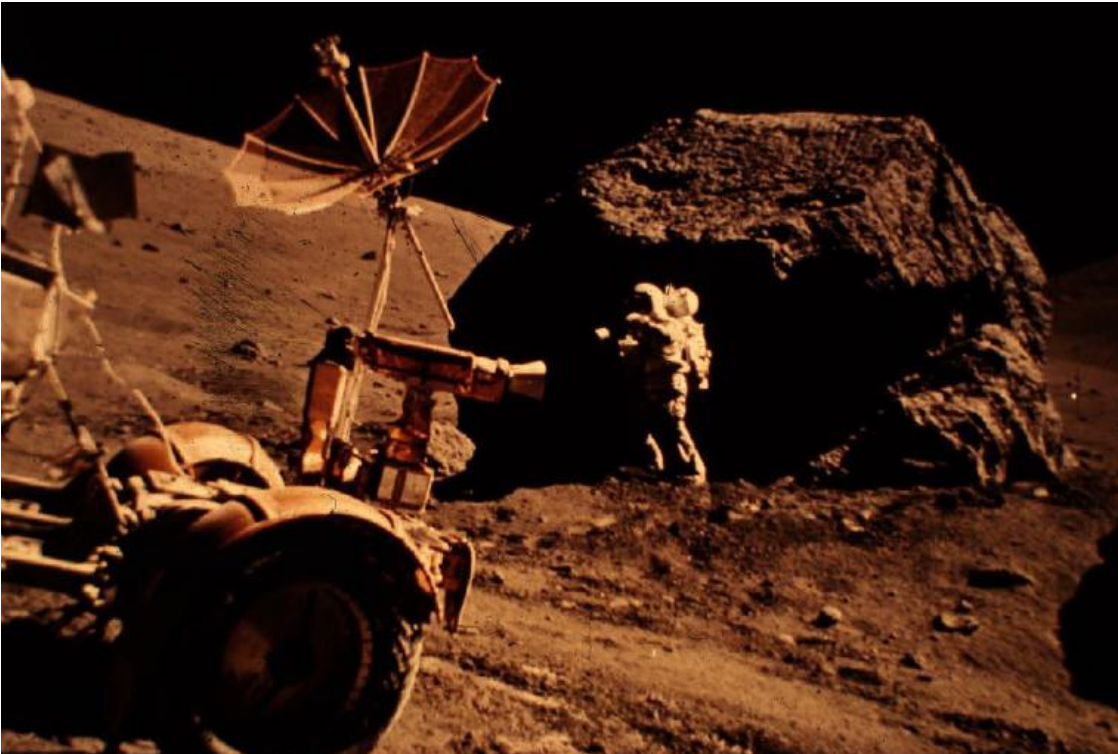
NOTA: RESUMEN ATENEO 2013 está el resumen de esta charla.

DIAPOSITIVAS:

1.



2.



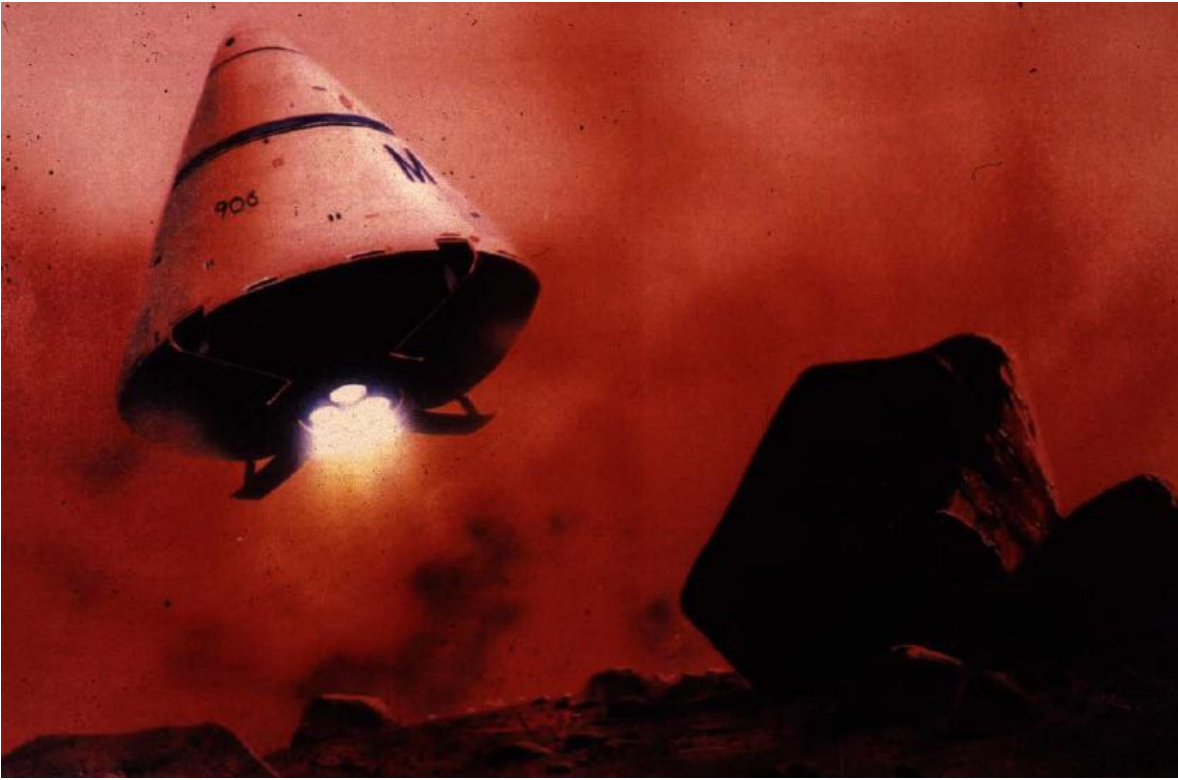
3.



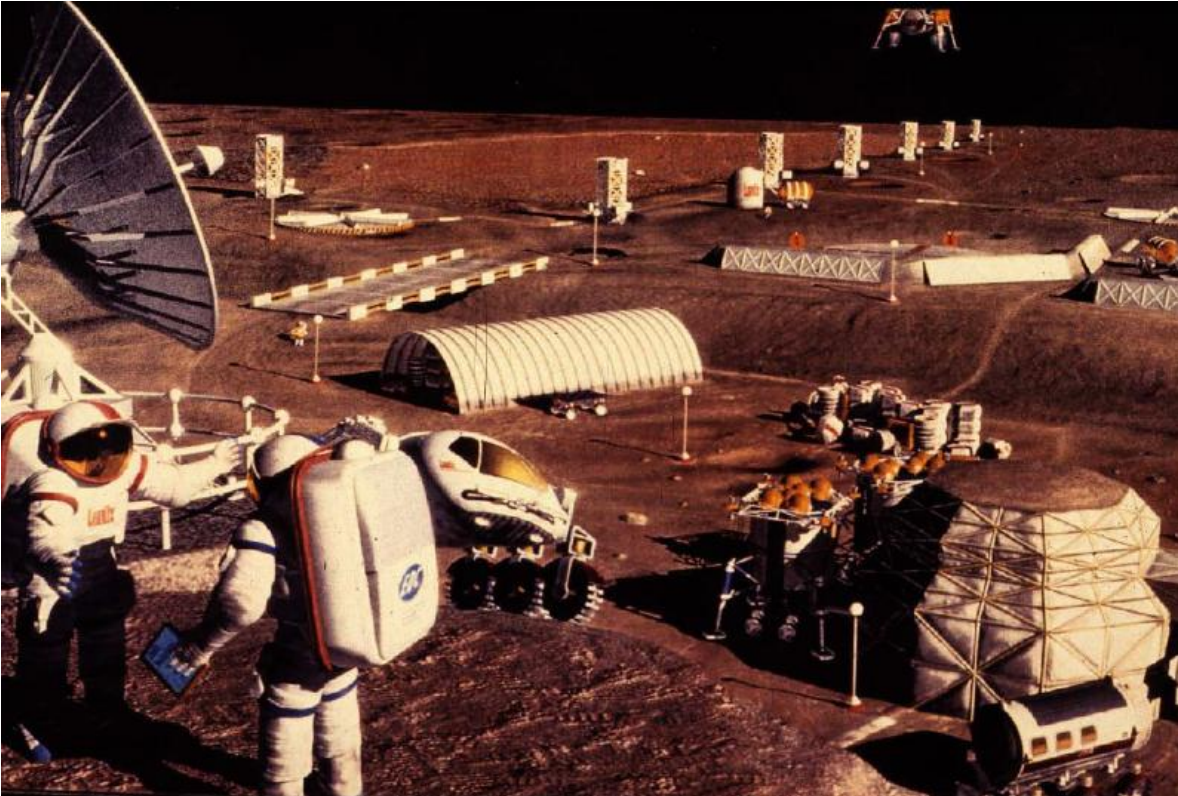
4.



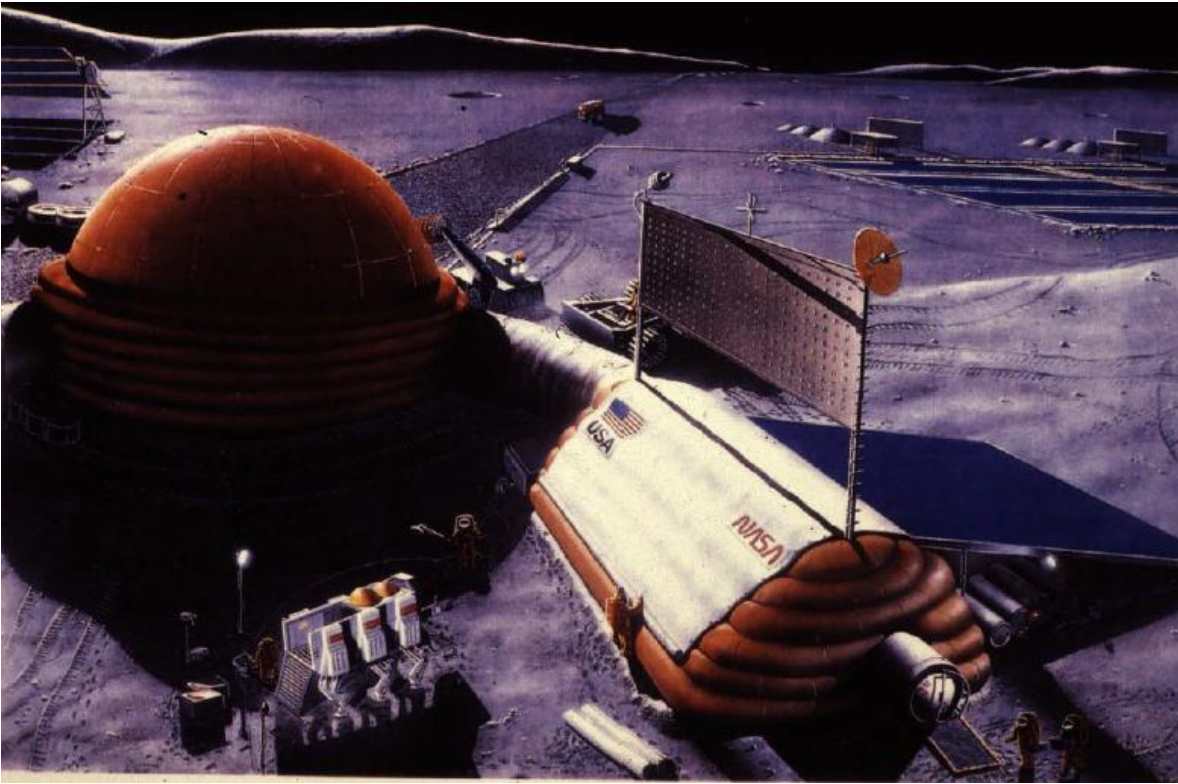
5.



6.



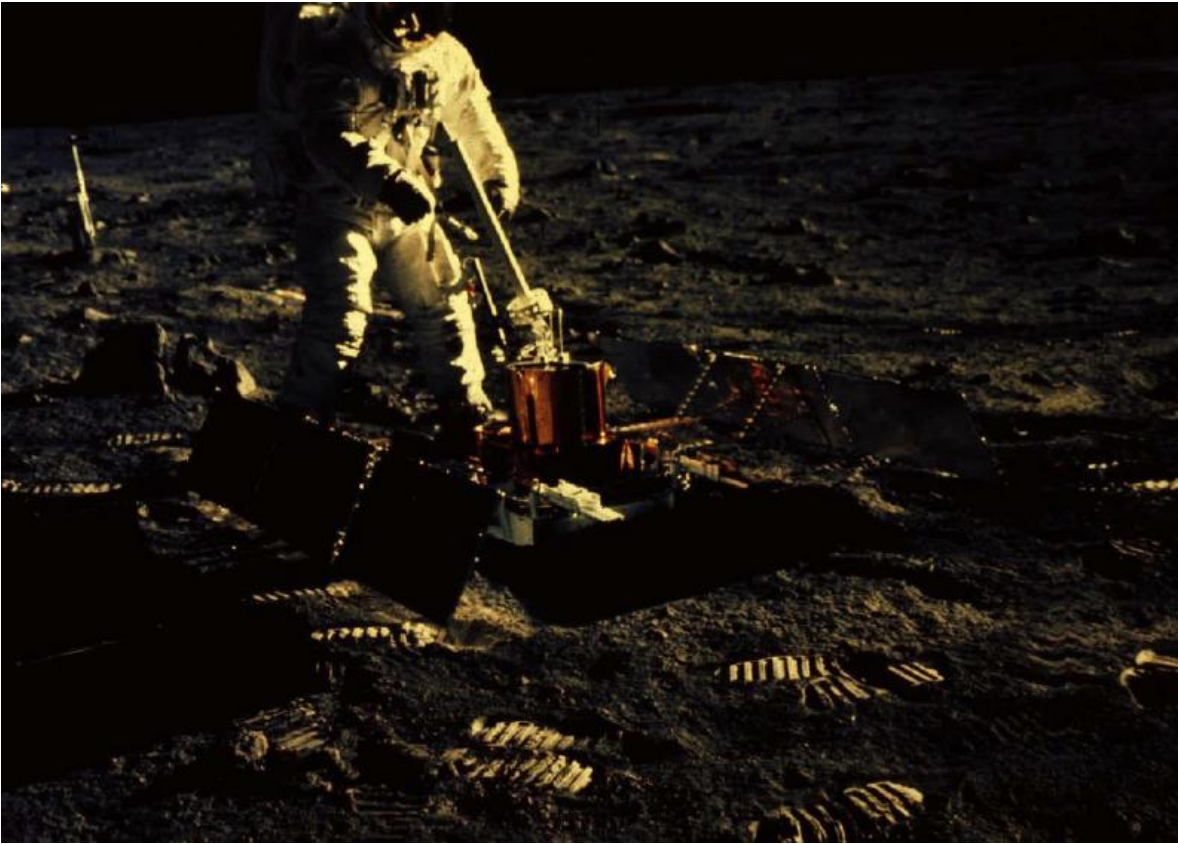
7.



8.



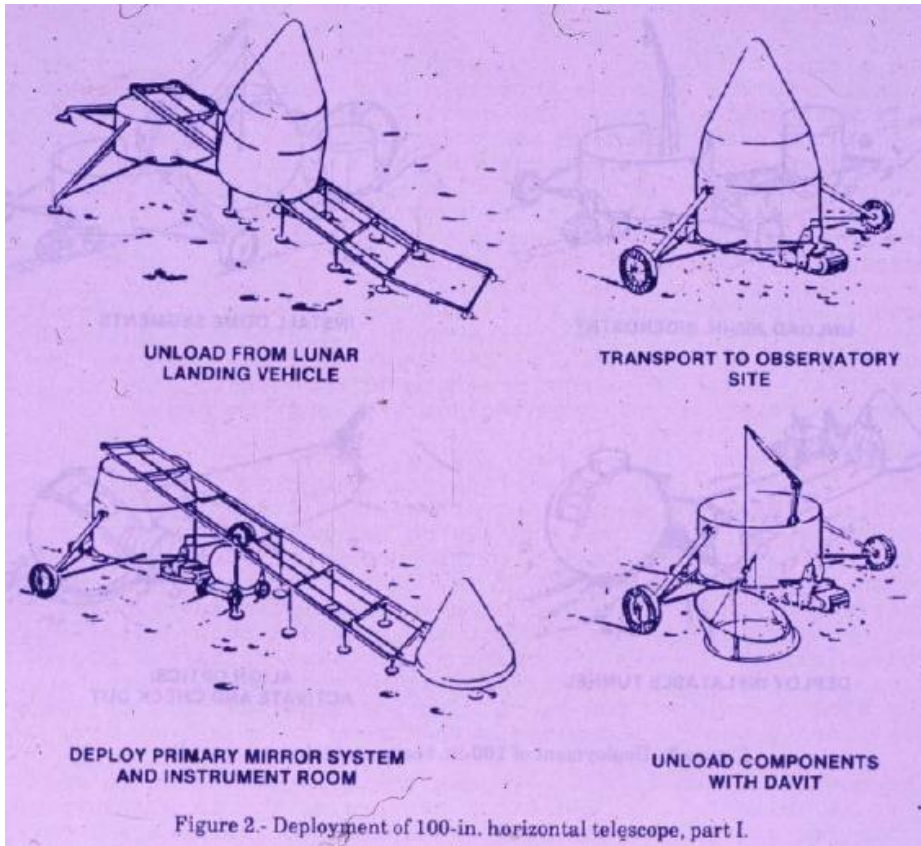
9.



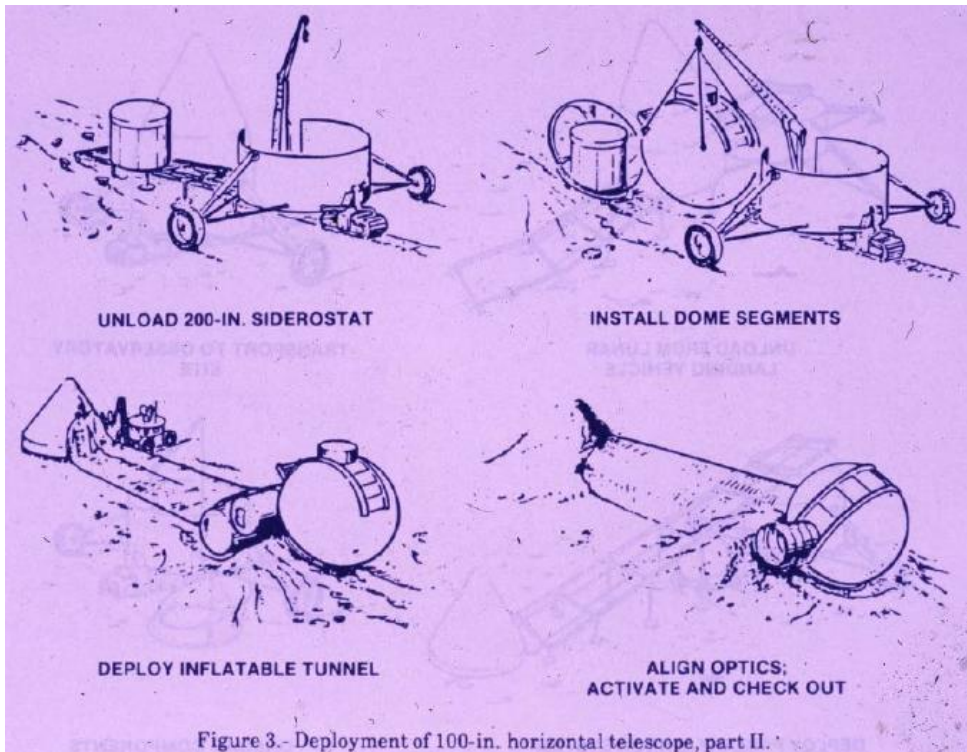
10.



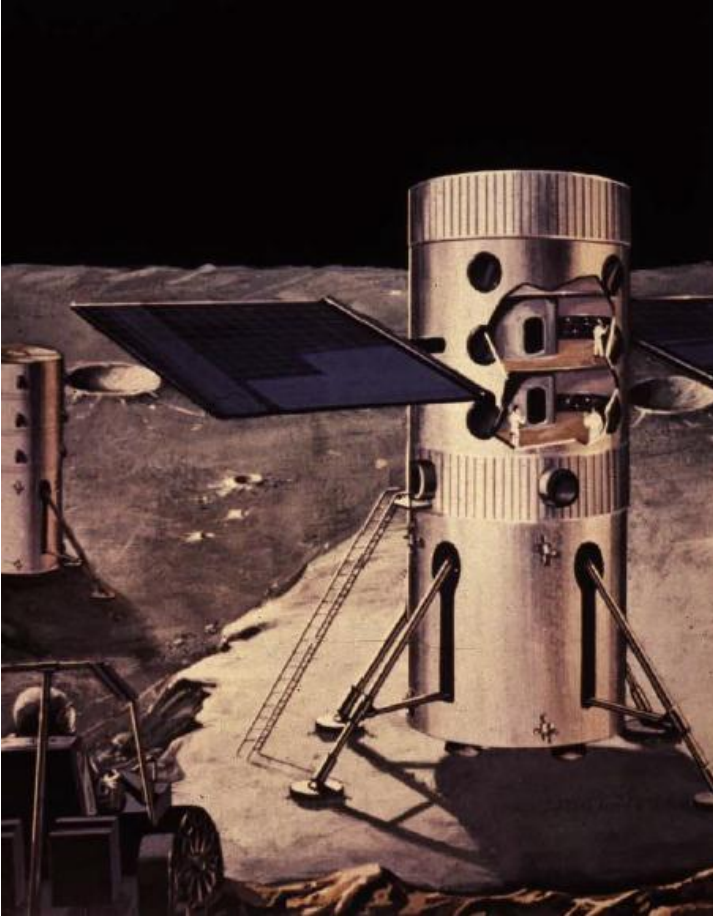
11.



12.



13.



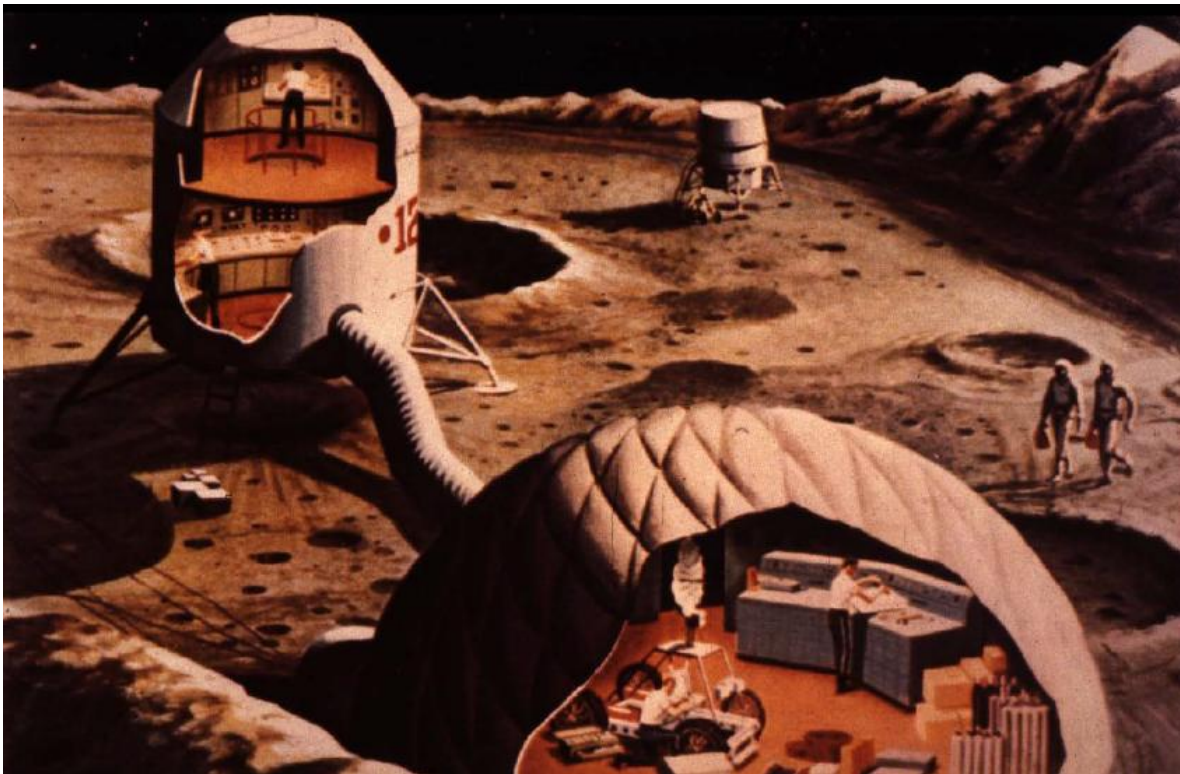
14.



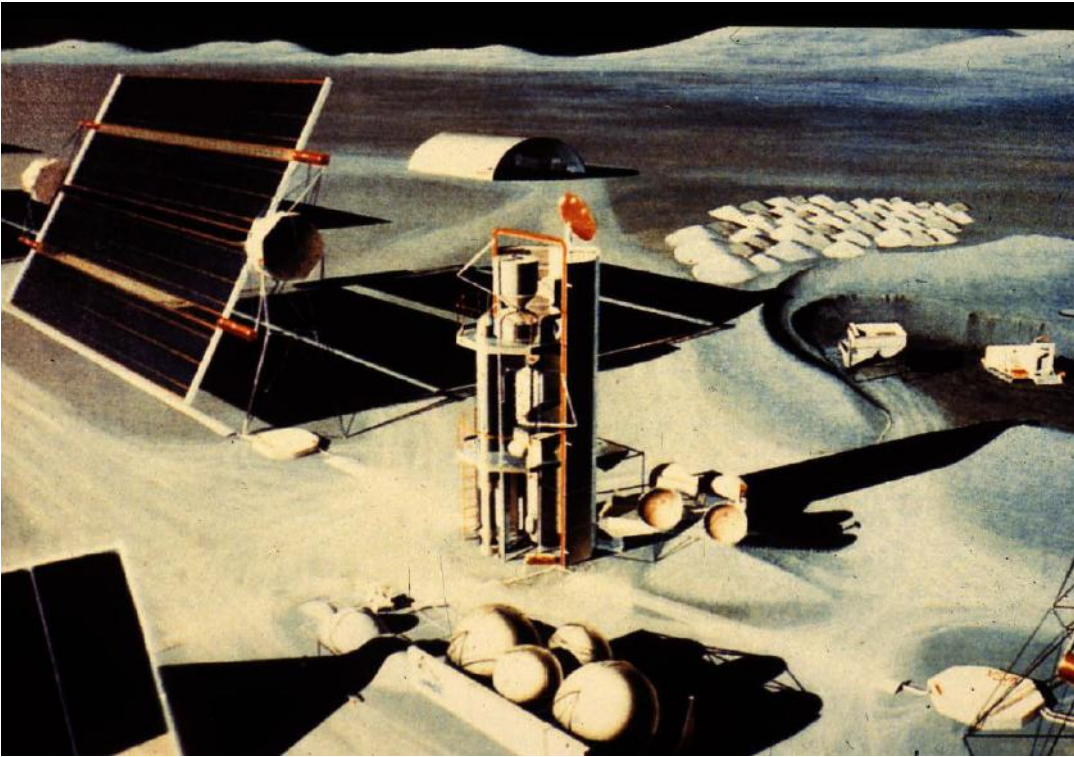
15.



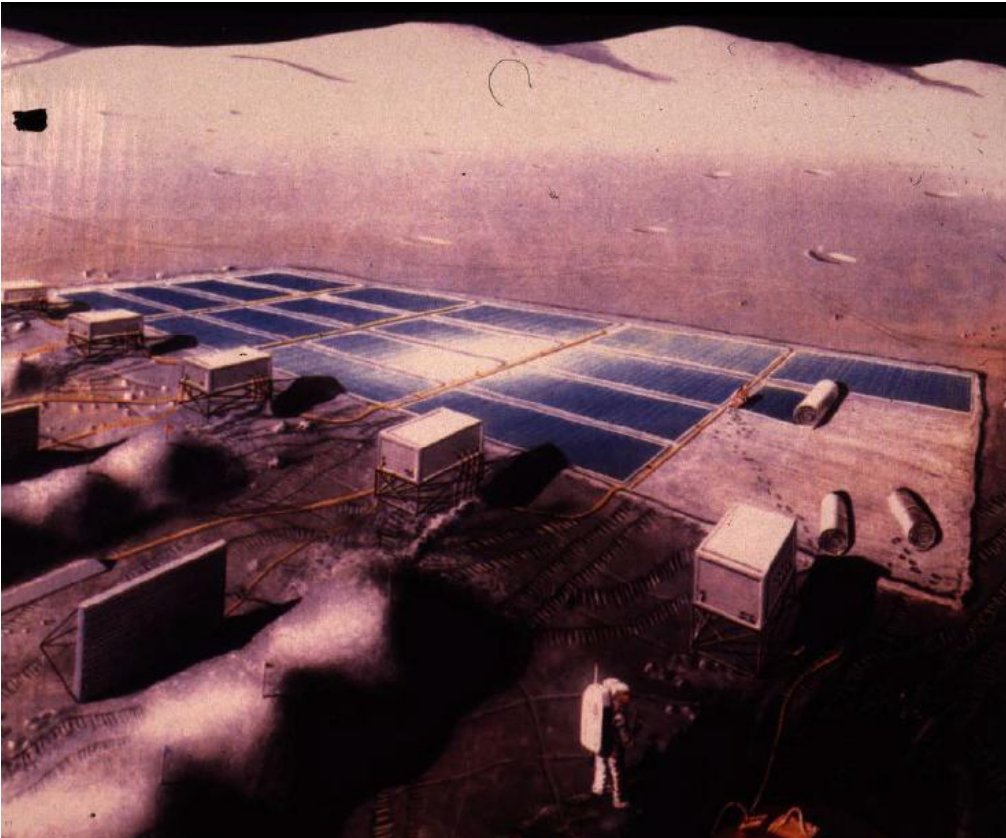
16.



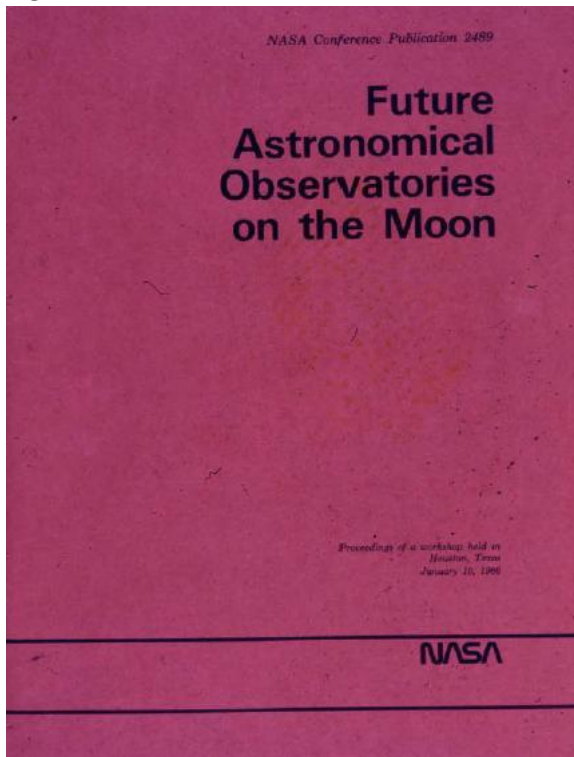
17.



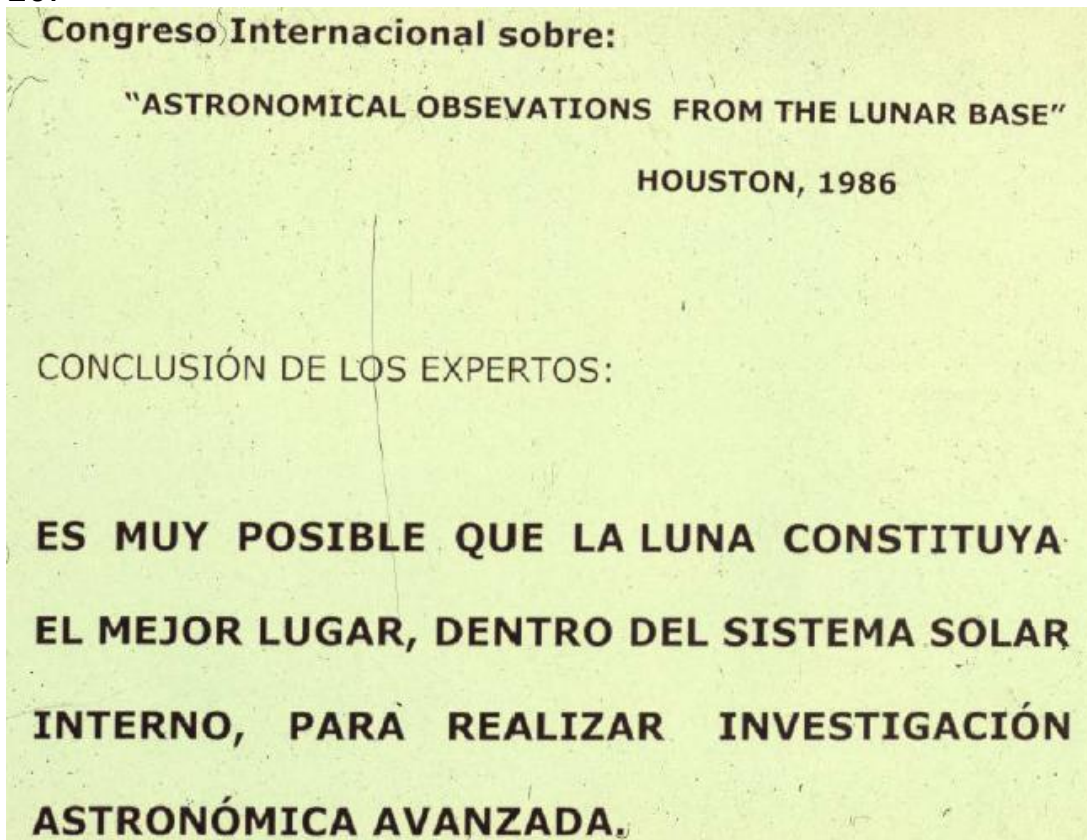
18.



19.



20.



21.

DOS POSIBILIDADES ÚNICAS

1. EN INTERFEROMETRÍA DE MUY LARGA BASE SE MEJORARÍA EN PODER DE RESOLUCIÓN EN UN FACTOR DE 10^{+5} .

2. ABRIRÍA UNA NUEVA "VENTANA" EN RADIO ASTRONOMÍA PARA LAS BAJAS FRECUENCIAS.

MUY CONVENIENTE PARA ESTUDIAR:

ONDAS GRAVITATORIAS

NEUTRINOS

22.

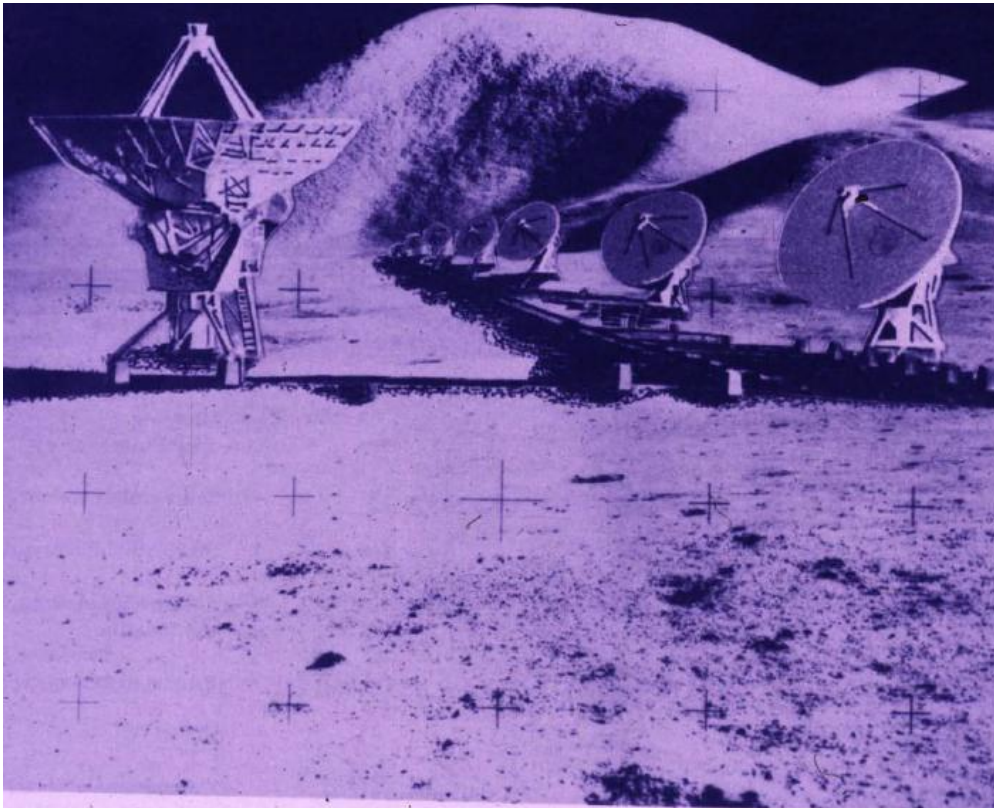
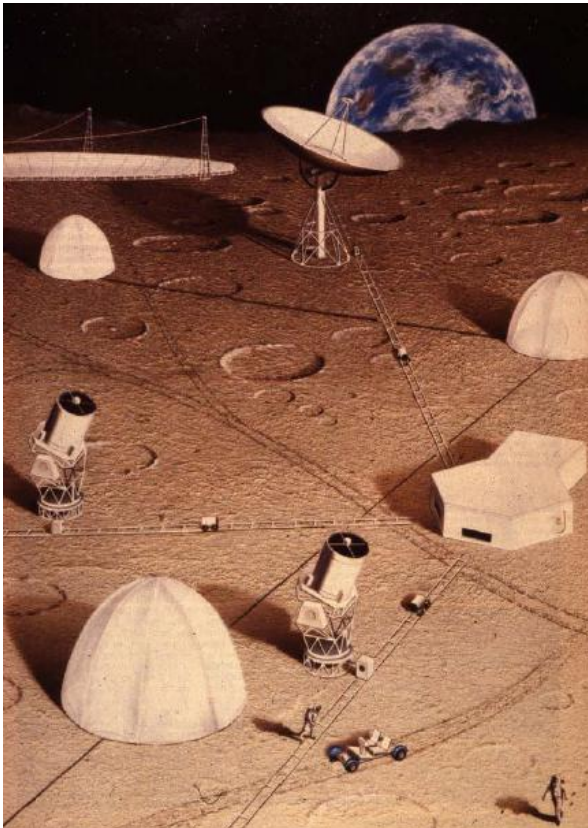


Figure 1 - Retouched photograph showing a very long array of antennas constituting a radiofrequency interferometer emplaced on the Moon.

23.



24.



25.

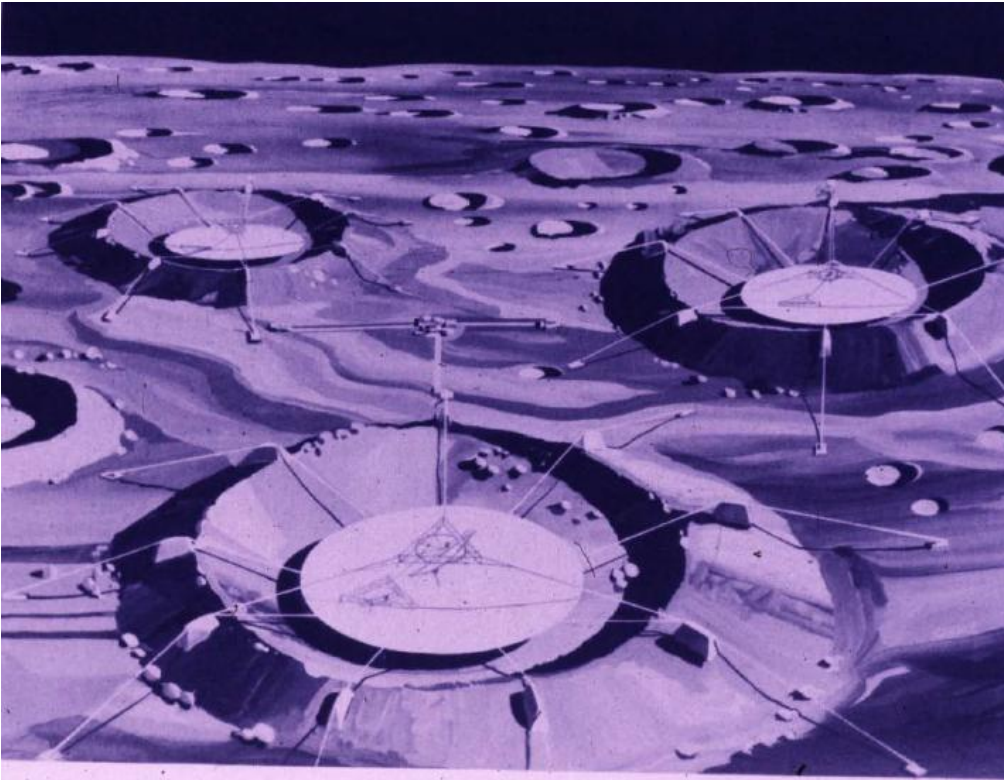


Figure 3.- Artist's concept of an array of three Arecibo-type spherical antennas constructed within natural craters on the far side of the Moon.

26.

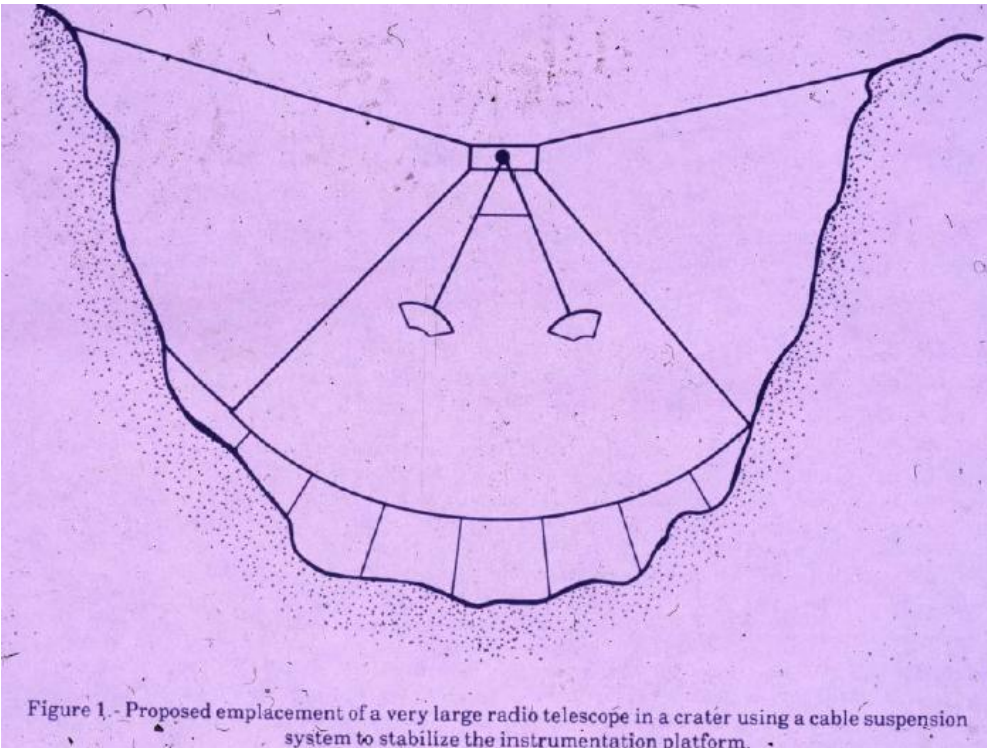


Figure 1.- Proposed emplacement of a very large radio telescope in a crater using a cable suspension system to stabilize the instrumentation platform.

27.



28.

