

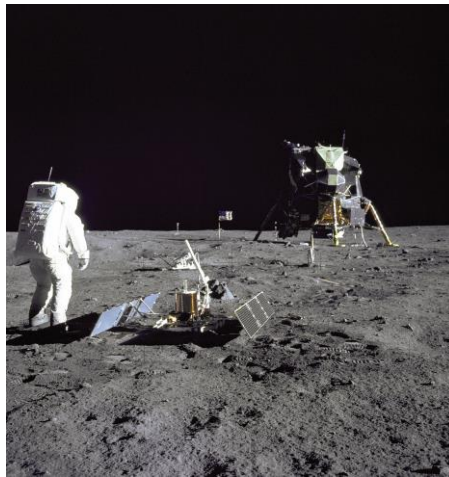


## **Vivir en la Luna y en Marte, ¿es una misión posible?**

Por : Ing. Manuel Luque Casanave (\*)

**(\*) Profesor-Investigador de la Facultad de Ingeniería Mecánica, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú**

La llegada del hombre a la Luna representó uno de los mayores logros de la ingeniería y de la historia de la humanidad. Fue el corolario de una carrera espacial que se inició el 4 de octubre de 1957, con la puesta en órbita del primer satélite artificial “Sputnik”.- El 20 de julio de 1969 los EE. UU. sorprenden al mundo con la llegada del hombre a la Luna .- Aquel memorable día Neil Armstrong comandante de la Misión Apolo 11 descendió del Módulo Lunar Eagle y pisó la superficie de nuestro satélite al sur del Mar de la Tranquilidad, pronunciando aquellas célebres palabras *“Un pequeño paso para el hombre, pero un gran salto para la humanidad”*, convirtiéndose así en el primer ser humano en imprimir su huella en la Luna.



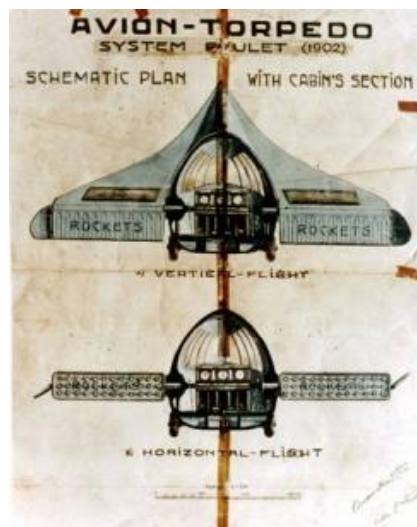
**Figura 1. El astronauta Buz Aldrin caminando en la superficie lunar**

La Misión Apolo 11 fue impulsada por el cohete Saturno V -cohete desechable de múltiples fases y de combustible líquido- usado en los programas Apolo y Skylab de la NASA, y que en la misión portaba al módulo de mando Columbia y al Módulo Lunar Eagle. El diseño estuvo a cargo de Wernher von Braun en el Marshall Space Flight Center.



**Figura 2. Módulo lunar Eagle de la Misión Apolo 11**

Como ingenieros peruanos estamos orgullosos de que nuestro compatriota Pedro Paulet, haya tenido un rol gravitante en este logro de la ingeniería, pues es considerado en el mundo como el inventor del motor de combustible líquido en 1895 y del primer sistema moderno de propulsión de cohetes en el año 1900.- Sus trabajos pioneros sentaron las bases de la cohetaría que hicieron posible la llegada del hombre a la Luna.- En su momento, el director de la NASA, Wernher von Braun, reconoció este aporte mundial de Paulet y lo expresó así en su libro "Historia Mundial de la Astronáutica", en el que reivindica a Pedro Paulet ante el mundo como el padre de la cohetaría moderna.



**Figura 3. Avión torpedo de Pedro Paulet**

Para mí la NASA debe focalizar dos metas importantes respecto a la Luna, la primera es realizar exploraciones debajo de la corteza lunar para cuantificar los volúmenes de hielo atrapado, para lo cual ya ha enviado sondas a la Luna; y la segunda meta es la utilización de la Luna como primera estación para una pronta misión tripulada a Marte.



**Figura 4. Cohete Saturno de la NASA que impulsó al Apolo 11 en su misión tripulada a la Luna**

Con el descubrimiento de hielo atrapado en la Luna y en Marte se tendría disponibilidad de agua, que además de contar con este recurso para futuras expediciones a la Luna, se podría obtener a partir del agua hidrógeno y oxígeno por electrólisis.- Me atrevo a pronosticar -con una visión futurista- que ante la falta de atmósfera en la Luna, con el oxígeno así obtenido sería posible crear enormes burbujas artificiales cerradas como hábitats para el ser humano a modo de invernaderos.- Entornos artificiales que además sean resistentes a las condiciones límite que existen en la Luna y en Marte, sin atmósfera (condiciones externas de vacío), con unas enormes diferencias térmicas de muchos grados centígrados en un solo día, con entorno sometido a la incidencia del violento viento solar.

La energía eléctrica se generaría con arreglos de paneles fotovoltaicos, juegos de baterías e inversores. Asimismo a mediano plazo la mayor demanda de energía con minireactores atómicos por fisión y fusión nuclear. Profundizar investigaciones para utilizar la energía termomagnética <sup>1</sup> en futuras largas misiones (de años o de décadas de viaje) en prolongados viajes interplanetarios continuos, en los que la energía de traslación se podría basar en la “hipótesis termomagnética” que presenté en el año 2013 a la comunidad científica internacional para interpretar el origen de la energía usada para su prolongada traslación y viajes de cierto tipo de objetos voladores no identificados.

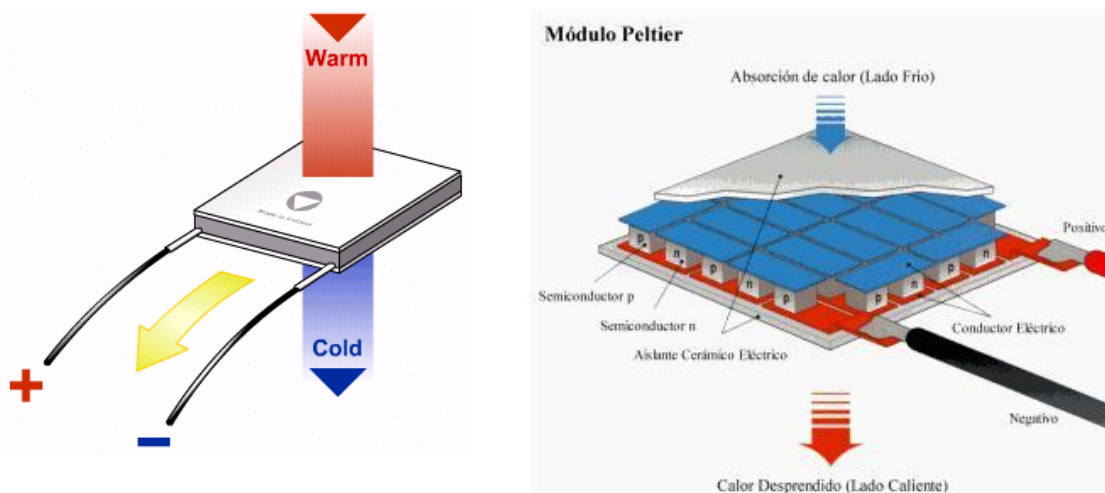
La energía calórica se la podría obtener con concentradores solares parabólicos (CSP) ante la imposibilidad de realizar combustión como en la Tierra, ante la carencia de aire.

Con superconductores (Niobio-Titanio) se podrá además aplicar más eficazmente el Efecto Seebeck para obtener energía eléctrica con un generador termoeléctrico, el mismo equipo podría usarse en sentido inverso en las noches para que a partir de parte

---

<sup>1</sup> Hipótesis Termomagnética : <https://www.youtube.com/watch?v=kzMhROJhA7g>

de la electricidad generada en el día y acumulada en baterías se lo use como generador térmico (calor) aplicando el Efecto Peltier para calentar el hábitat de las burbujas artificiales durante las frías noches lunares.



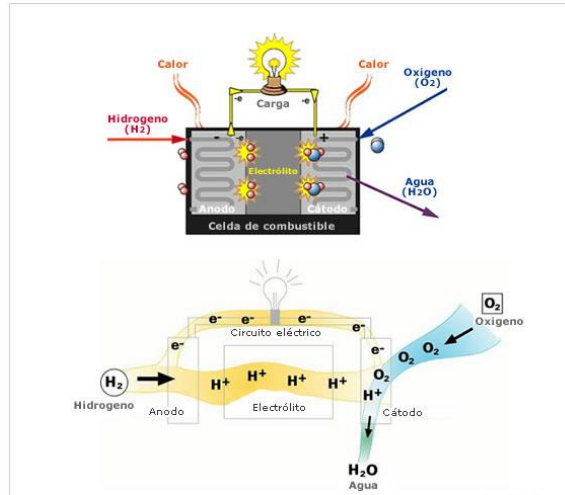
**Figura 5. Generador termoeléctrico por Efecto Seebeck y generador térmico por Efecto Peltier**

Un aspecto a considerar es que el día lunar es de aproximadamente 29 días terrestres, por lo que el biorritmo del ser humano podría verse afectado, no podemos pensar en una evolución rápida -que costó miles de años para el ser humano- para iniciar una adaptación del organismo a 14 ½ días terrestres seguidos con luz del sol y a 14 ½ días terrestres seguidos sin sol, por lo que el hábitat que se construya debe contemplar este aspecto de contar con oscuridad al interior cada 12 horas, sobre todo por la inmunidad que le da al organismo la hormona melatonina, que incide en el reloj biológico del ser humano y que es segregada por la glándula pineal cuando un sensor en la retina detecta la oscuridad.

Las enormes burbujas artificiales a modo de hábitats, tendrían una “atmósfera artificial” con presencia de oxígeno y nitrógeno en la proporción de vida, con el ingrediente de humedad y presión, que emulen las condiciones de la Tierra. La carencia de atmósfera en la Luna nos expondría a una radiación ultravioleta más intensa, al igual que a radiaciones ionizantes alfa y beta, con mayores riesgos de cáncer.- Ello nos obligaría a construcciones reforzadas y a usar una ropa especial refractaria a las radiaciones a modo de blindaje para movilizarnos de un hábitat –como el descrito anteriormente- a otro similar en la superficie lunar.- El peso aparente de esta ropa especial no debería representar mayor problema a causa de la menor gravedad de la Luna (seis veces menor que en la Tierra).

Ante la carencia de atmósfera (aire) en la Luna, no sería posible quemar combustibles fósiles como lo hacemos en la Tierra, por lo que las llamadas celdas de combustible (fuel cells), podrían representar una fuente importante y complementaria a la energía solar fotovoltaica, para la generación de energía eléctrica en la Luna, sobre todo para el transporte dentro de nuestro satélite en vehículos guiados con motores eléctricos, operando éstos con la energía generada en las celdas de combustible (fuel cells), que emplearían hidrógeno y oxígeno obtenidos en la electrólisis propuesta.- Las celdas de combustible emitirían tan solo vapor de agua, no ocasionando contaminación en la

Luna; este vapor de agua emitido y debido a las bajas temperaturas en la superficie lunar se convertiría en hielo, pudiendo reusarse como agua –luego de un proceso físico- para su uso posterior en la misma celda de combustible, teniendo con ello un combustible cuyo reuso resulta fundamental para la sostenibilidad de la vida en la Luna, dado que la masa de hielo entrampada en nuestro satélite sería finita.



**Figura 6. Generación de energía eléctrica con celdas de combustible (fuel cells)**

La larga noche lunar, de casi 15 días terrestres, podría representar un obstáculo para el abastecimiento de energía fotovoltaica, por lo que se podrían tener dos salidas, contar con gran capacidad de baterías que acumulen la energía eléctrica y/o convertirla en energía química almacenada para luego devolverla como energía eléctrica.- Una excepción a esta restricción son los picos de luz eterna localizados en el polo norte lunar, que siempre están iluminados por la luz del sol, además el cráter Shackleton, hacia el polo sur lunar, también tiene una iluminación casi permanente.- Por ello adicionalmente lo que habría que hacer sería implementar redes de generación eléctrica en tales zonas para abastecer de energía a las colonias o hábitats propuestos líneas arriba. Los largos periodos de oscuridad en la Luna deberían ser superados con invernaderos artificiales climatizados, iluminados, presurizados y dotados de oxígeno para producir alimentos.



**Figura 7. Largas noches de la Luna**

Marte tiene atmósfera y su presión atmosférica en Marte es sólo una fracción de la terrestre, proporciona algo de protección a la radiación solar y a la radiación cósmica, un promedio de 7,5 milibares en Marte, y en la Tierra un poco más de 1000. La temperatura media de la superficie también es menor en Marte, situándose entre -63 °C, en comparación con los 14 °C de la Tierra. Y mientras que la duración de un día marciano es más o menos la misma, la duración de un año marciano es significativamente más larga (687 días). La NASA ha confirmado la presencia de agua en el planeta rojo, por lo que se podrá contar con oxígeno y energía, asimismo por la presencia de CO<sub>2</sub> se podrán cultivar plantas y producir oxígeno para la vida humana a partir de tecnologías disruptivas con procesos a altas presiones y temperaturas para fraccionar la molécula y por electrólisis separar el oxígeno. Esta producción podría tener un proceso complementario para producir oxígeno líquido para usarlo como propulsor de los cohetes para el viaje de retorno a la Tierra.

La gravedad es un 62% menor que en la Tierra, si queremos enviar astronautas, exploradores, e incluso colonos como lo ha planificado Elon Musk de SpaceX. Debemos contar con una tecnología disruptiva para generar gravedad artificial para eliminar los efectos de la exposición a largo plazo a esta gravedad, lo que es clave para cualquier proyecto de misiones tripuladas y de colonización para vivir en Marte por los efectos en pérdida de masa muscular y descalcificación ósea



**Figura 8 . Superficie de Marte**

Es un problema que compete resolver -tanto a la ingeniería como a la medicina- será la adaptación del ser humano a la ingravidez de la Luna y de Marte; las jornadas prolongadas de estancia en el espacio de los astronautas ha permitido identificar que en la ingravidez se presenta una pérdida ósea y de masa muscular, debido a que los miembros no tienen que soportar el peso del esqueleto.- Existe un debilitamiento gradual del corazón, debido a que ya no estarían forzados a resistir la fuerza de la gravedad.- El músculo cardíaco perdería masa y la presión sanguínea bajaría, los latidos se harían más lentos pues el corazón requiere menor trabajo de bombeo y el metabolismo celular sufriría transformaciones.- Para evitar ello la bionanotecnología y la bioingeniería tendrían mucho que aportar con la incorporación de nanomáquinas y nanobombas impulsadas por nanomotores biológicos en las arterias y con biosensores en los órganos para impulsar selectivamente la sangre a cada órgano en función a las necesidades de flujo y presión de sangre en cada uno según la actividad del momento de

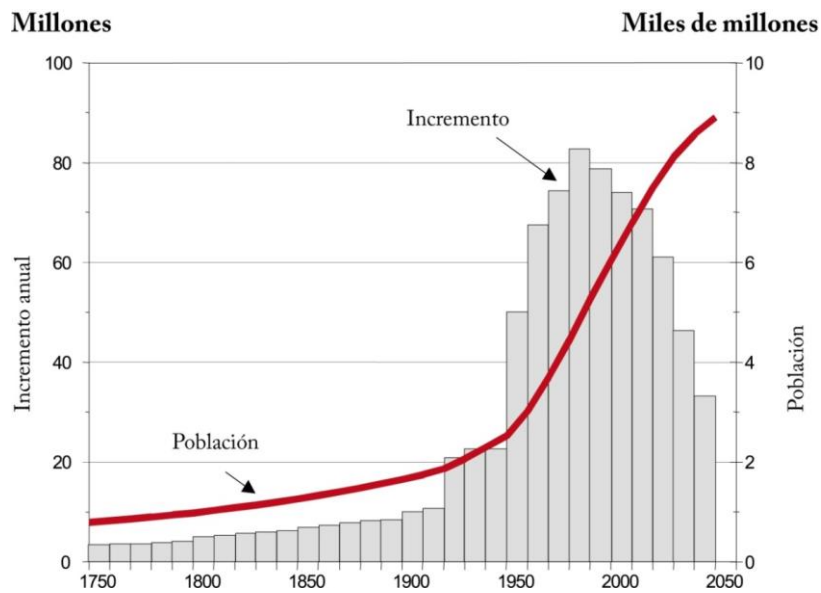
cada uno, detectadas por nanobiosensores celulares, facilitando la circulación de la sangre ante situaciones prolongadas de la ingravidez relativa al funcionamiento de nuestro organismo en la Tierra.



**Figura 9. Mitigar los efectos en la salud por la ingravidez**

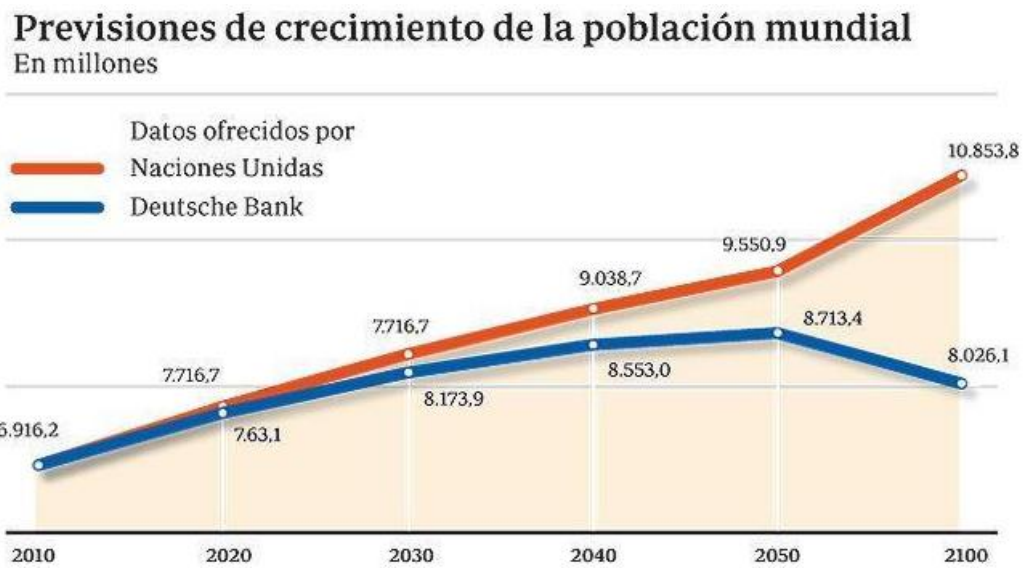
No podemos descartar la alternativa de generar gravedad artificial.- Los generadores gravitatorios estarían basados en crear hábitats con un sistema referencial de rotación que genere una aceleración centrífuga que emule a la gravedad de la Tierra. Superado los aspectos técnicos, tendría que generarse una “jurisprudencia espacial”, pues la colonización de la Luna y de Marte podría generar situaciones de dependencia y desencadenar marginación, exclusión y conflictos espaciales con ingredientes terrenales de violencia ya conocidos.

La decisión técnico-económica para crear estos hábitats se daría pronto en no más de 100 años cuando la Tierra llegue a su punto de quiebre por inhabitabilidad extrema debida al cambio climático y daño ambiental, por escasez de recursos y/o por guerras.



**Figura 10. Crecimiento poblacional como factor decisivo para emigrar del planeta**  
Fuente : Universidad de Granada/Naciones Unidas, 1999

La humanidad crece en proporciones geométricas y enfrenta la realidad de una disponibilidad de recursos limitada, un cambio climático acelerado que está complicando la habitabilidad en nuestro planeta. Por estas razones tenemos que salir de la Tierra y la humanidad tendrá que volver sus ojos a la Luna, sustituyendo su visión romántica por una visión de subsistencia y seguidamente colonizar Marte como un enorme hábitat alternativo. Preveo una emigración progresiva y masiva de parte de la humanidad a la Luna y a Marte a partir del año 2100 como una decisión de supervivencia, tanto por el crecimiento poblacional, por la contaminación ambiental del planeta, desastres naturales, guerras así como por el agotamiento de recursos (agua, alimentos). El empresario tecnológico y multimillonario Elon Musk de SpaceX ya ha planificado un viaje de exploración a Marte para el año 2019.



**Figura 11. Crecimiento poblacional al año 2100.**  
Fuente : Naciones Unidas/Deutsche Bank, 2010