

El desarrollo tecnológico en los próximos pasos para la colonización del espacio

Technological development in the next steps for the space colonization

Edición N° 17 – Agosto de 2013

Artículo Recibido: Enero 27 de 2013

Aprobado: Agosto 05 de 2013

AUTOR

Héctor Francisco Gómez Arriagada

Ingeniero en Sistemas de Información de la Academia Politécnica Naval, Magíster en Informática de la UTFSM, Oficial de Estado Mayor de la Academia de Guerra Naval de Chile y actualmente Doctorando en comunicación de la UNIACC.

Valparaíso, Chile.

Correo electrónico: hectorgomeza@yahoo.es



Resumen

La exploración espacial es liderada en la actualidad por EE.UU.; sin embargo, tanto Rusia, Japón y la Comunidad Europea, así como China, India y Brasil han intensificado sus respectivos programas espaciales para incorporarse a estos esfuerzos. De acuerdo a los planes de las principales agencias espaciales del mundo, se puede señalar que el desarrollo de la capacidad espacial internacional en su conjunto, permitirá que antes del año 2020 una sonda visite y regrese de un asteroide, entre los años 2020 y 2030 se instale una base habitada en la luna y entre el 2030 y el 2050 se instale otra en Marte o en alguna de sus lunas. El propósito de este ensayo es dar a conocer, resumidamente, la visión científica respecto de cual será el desarrollo tecnológico requerido y las fases necesarias para cumplir con lo anterior.

Palabras claves:

Prospectiva; estudios del futuro; colonización del espacio; desarrollo espacial.

Abstract

Space exploration is currently led by the U.S., but Russia, Japan and the European Union, as well as China, India and Brazil; have intensified their space activities to join in these efforts. According the world main Space Agencies, can be indicated that the development of international space capabilities will allow a probe to visit and return from an asteroid near year 2020, between 2020 and 2030 will install a manned base on the moon and between 2030 and 2050 another on Mars or in one of its moons. The purpose of this paper is present, briefly, the scientific point of view regarding technological development which will be required and, also, the steps needed to comply with the above objective.

Keywords:

Foresight; future studies; space colonization; space development.

1. Introducción.

Se ha planteado que tanto el agotamiento de los recursos naturales como la falta de espacio en la tierra, inexorablemente empujarán al ser humano fuera de las fronteras del planeta como única alternativa para su subsistencia. De la misma manera, se ha señalado que el medio ambiente sufrirá un colapso globalizado producto de la propia actividad humana, lo que inevitablemente la hará inhabitable. También se ha pensado en la posibilidad de un evento cósmico que

amenace con la extinción de la humanidad o la destrucción misma del planeta, como el choque de un meteorito gigante o la explosión de nuestro sol.

Hay quienes han planteado que la propia naturaleza de la humanidad fomenta la exploración de nuevos mundos para, la explotación comercial de materias primas y la que estimula su espíritu de conquista de nuevos territorios para expandir fronteras y anexar territorios; o bien, porque le es inherente la curiosidad científica y que la empuja hacia los descubrimientos en una búsqueda inagotable de respuestas. Finalmente, otros señalan simplemente ¿por qué no hacerlo?; si existe la capacidad ¿por qué restarse de las oportunidades e inhibirse de obtener los beneficios de tal empresa?.

Según esto, entonces, no parece aventurado señalar que ya sea por necesidad o impulsada por su naturaleza, la humanidad no encontrará en las fronteras terrestres el límite a la expansión de sus actividades comerciales, políticas y sociales. Es probable que dicha expansión sea liderada por iniciativas gubernamentales por un lado; o bien, por el emprendimiento de particulares motivados por las eventuales riquezas a las que pueden tener acceso. Y tal como sucedió en el pasado en las grandes exploraciones en el planeta, es probable que después de exploradores y científicos; serán los pioneros, aventureros y colonos quienes se establecerán en los primeros asentamientos humanos permanentes fuera de la Tierra, quizás de manera definitiva.

Lo cierto es que en la actualidad la humanidad ya ha dado algunos pasos hacia la conquista del espacio. Desde el lanzamiento del Sputnik en 1957, el hombre ya ha caminado en la Luna, sondas espaciales terrestres han visitado casi todos los planetas del sistema solar descendiendo en algunos (viajando una de ellas en el borde de nuestro sistema); robot autónomos exploran Marte y se comunican periódicamente con su base en la Tierra, se han establecido tres estaciones espaciales permanentes (una de ellas aún en funcionamiento), se ha desplegado y reparado un telescopio espacial para la percepción remota de objetos distantes, el planeta se encuentra rodeado de artefactos espaciales para apoyar actividades en la tierra y se encuentran en desarrollo una serie de iniciativas destinadas al establecimiento de bases permanentes en la Luna, la exploración humana en Marte y el fomento y desarrollo tanto del turismo como de la minería espacial.

Sin embargo, y a pesar que pueden considerarse como acciones previas, estas actividades no pueden ser vistas aún como acciones de colonización, entendiéndose ésta como el dominio de un territorio fuera del planeta, en el que se han establecido grupos humanos bajo un régimen administrativo definido en la Tierra. Es decir, la colonización se materializará cuando en un cuerpo extraterrestre o en el espacio, no sólo se ejecuten actividades comerciales, militares, científicas o de otro tipo; sino cuando el mismo sea reclamado como propio por la humanidad y en él se establezcan personas de manera permanente.

Como puede observarse, las implicancias que se derivan de un proceso de colonización van más allá del traslado de algunos humanos a otros cuerpos celestes, lo que de por sí ya es un tema complejo; ya que deberán superarse aspectos relacionados con la obtención permanente de recursos energéticos y alimenticios en el lugar colonizado, la adaptación a un modo de vida innegablemente distinto (actividad diaria, ocio, relaciones humanas, sentido de propiedad, organización social, jerarquías, etc.), adaptación a un medio ambiente inhóspito y peligroso, problemas de salud física asociados a diferencias gravitacionales, exposición a radiación y temperaturas extremas; todo eso sin contar la posibilidad de encuentro con otras formas de vida.

Este ensayo se centra, precisamente, en la colonización del espacio, siendo su objetivo identificar las principales iniciativas o líneas de investigación y desarrollo tendientes a favorecer el establecimiento de asentamientos humanos permanentes fuera de la tierra; también se describirán estrategias y pasos previos que necesariamente la humanidad tendrá que dar como secuencia lógica previo al asentamiento de humanos en el espacio.

Se estima que por medio de este estudio será posible dar a conocer de manera resumida, cual es la visión científica existente en la actualidad respecto de cómo se iniciará la expansión humana hacia otros planetas y cuales las tecnologías que se han identificado como claves para dar viabilidad a los proyectos que se han asociado a esta etapa de la exploración humana. Asimismo, la descripción de los pasos previos a dicha expansión, así como de las líneas de investigación asociadas; darán una idea de cuales son los principales desafíos de una empresa de tal envergadura, dando relativa cuenta de los horizontes de tiempo involucrados. Finalmente, se espera poder despertar un interés legítimo respecto de este proceso, de

manera de estimular un grado de compromiso que fomente al menos el involucramiento en el plano de las ideas.

2. Desarrollo del tema.

Los principales actores de la exploración espacial.

Aunque se prevé un fuerte impulso a la investigación, desarrollo y exploración espacial en los próximos 30 años, producto especialmente de intereses estratégicos y de aprovechamiento de los beneficios económicos asociados; por ahora la exploración está centrada en el sistema solar y es dominada por EE.UU., Rusia, la Comunidad Europea, Japón, China y la India. En efecto, a la fecha se encuentran activos una serie de programas que incluyen satélites de EE.UU. y Europa en la órbita marciana, robots de exploración norteamericanos en la superficie de éste último planeta, un satélite chino y otro estadounidense alrededor de Venus y cerca de siete misiones en el sistema solar (OCDE, 2011). Por otro lado, la Luna vuelve a ser un objetivo lo que ha llevado a poner en su órbita satélites japoneses, chinos e indios en los últimos 5 años.

Complementan estas misiones una serie de dispositivos en órbita terrestre diseñados para la observación remota del espacio como los telescopios espaciales Hubble (lanzado en 1990 y cuyo reemplazo esta previsto para el año 2014), el Solar and Heliospheric Observatory lanzado el año 1995 y el Herschel and Planck de la Agencia Espacial Europea (lanzado el año 2009 a uno de los Puntos de Lagrange entre la Tierra y la Luna¹). Por su parte los satélites CoRoT (francés, lanzado el año 2006) y el Kepler (lanzado el año 2009 por EE.UU.) están diseñados para explorar el espacio en búsqueda de planetas similares a la tierra.

EE.UU. es por lejos el mayor actor de la exploración y la investigación espacial actual, y su presupuesto junto al de Francia, Reino Unido y Alemania representaban hasta el año 2006 el 80% de la inversión mundial en investigación y desarrollo espacial (OCDE, 2011). Sin embargo, China ha aumentado los recursos de su programa espacial tanto para la investigación como para el desarrollo de su infraestructura de apoyo terrestre. Contempla la puesta en órbita de una estación espacial propia entre los años 2016 y 2022 (cuyo primer módulo fue lanzado el año 2011) y un vuelo tripulado a la Luna para después del 2020. El programa espacial indio, por otro lado, se ha concentrado en la explotación del espacio lo que seguirá siendo su principal interés para los próximos años (para potenciar las comunicaciones domésticas y la observación de la tierra); pero



de todas formas mantiene un programa exploratorio que, luego de haber enviado una sonda a la órbita lunar el año 2009, espera lograr la capacidad de enviar vuelos tripulados al espacio el año 2016.

A la fecha, el programa espacial con presencia humana de mayor envergadura es el de la Estación Espacial Internacional. Fue comenzada a construir el año 1998 cuando se puso en órbita su primer módulo, recibe astronautas de manera permanente desde el año 2000, se completó el año 2010 gracias a la cooperación de las principales agencias espaciales de la actualidad (EE.UU., Europa,

Rusia, Canadá y Japón) y es probable que se mantenga operando hasta el año 2020 (USPC, 2009), superando por mucho la vida útil de las estaciones SKYLAB de EE.UU. y la MIR rusa.

Es interesante mencionar que en la actualidad el relevo de tripulaciones y el reabastecimiento de materiales de esta estación, después de finalizado el programa de transbordadores espaciales de la NASA, se realiza por medio de naves Soyuz rusas y las civiles estadounidenses de las empresas SpaceX y Orbital Sciences Corporation; éstas últimas, las primeras empresas privadas en adjudicarse un contrato de transporte de carga a la Estación Espacial Internacional hasta el año 2016 (NASA, 2012), el que además contempla a partir del año 2014 el transporte de astronautas.

EE.UU. ya tiene definidos una serie de programas con vistas a mantenerse a la vanguardia de la exploración espacial en las próximas décadas. El más ambicioso de ellos es el de una misión tripulada a Marte para antes del año 2040; sin embargo, con anterioridad intentará construir una base en la Luna como paso previo para experimentar las tecnologías de generación de energía, producción de agua y alimentos in situ (USPC, 2009). Además, continuará su exploración espacial por medio de sondas y robots, tanto para fines de investigación como para preparar futuras misiones tripuladas; o bien, por medio de sensores basados en órbita terrestre o en los puntos de Lagrange.

En el caso de la Agencia Espacial Europea, ésta ya había establecido el año 2001 que los objetivos de su Programa Aurora pretendían la exploración humana y robótica del Sistema Solar, definiendo que sus principales objetivos serían la Luna, Marte y los asteroides cercanos; señala, específicamente, que este programa terminaría el año 2030 con un viaje tripulado a Marte considerando una escala en la Luna al regreso. (Mindell, 2009). El programa de 25 años que la Agencia Japonesa del Espacio, por su parte, publicó el año 2005 que considera una misión tripulada a la luna para el año 2025, mencionando también la idea de construir una base lunar cerca del año 2030.

Por otro lado, el 2007 la Agencia Espacial Federal Rusa anunció que para el año 2015 terminará la sección Rusa de la Estación Espacial Internacionalⁱⁱ, entre el 2021 y el 2026 construirá un complejo espacial orbital para apoyar viajes a la Luna y Marte, el 2025 realizará un viaje tripulado a la Luna, construirá una Base Lunar entre el 2027 y 2032 y, finalmente, hará un viaje tripulado a Marte entre los años



2036 y 2040 (Mindell, 2009). En el caso de China, a la ya mencionada estación espacial proyectada completar el año 2020, se agrega el envío de un robot a la Luna el año 2013, una segunda misión para traer a la tierra muestras lunares el año 2017 y una posible misión tripulada para descender en la Luna después del año 2020 (Mindell, 2009). En tanto, la India planea sus primeras misiones tripuladas a la órbita terrestre entre los años 2015 y 2020 y, aunque poco probable, se ha señalado su intención de enviar una misión tripulada a la Luna a partir del 2020.

Iniciando la conquista, la ruta lógica.

Por lo visto, es poco probable un escenario que descarte la conquista del planeta Marte antes del año 2050. Según la NASA (NASAa, 2012), para conquistar este planeta es necesario aumentar la capacidad de transporte pesado desde la tierra al espacio, avanzar en la propulsión espacial, mejorar el control de misiones e incrementar la capacidad para sostener la vida tanto en el espacio como en las superficies de cuerpos espaciales; sin embargo, existen distintas visiones -especialmente en el ámbito científico estadounidense-, de cual debiera ser la ruta de aproximación más adecuada.

En su informe, el U.S. Human Spaceflight Plans Committee (USPC, 2009) estableció las siguientes alternativas: (1) una que plantea dirigirse directamente a Marte con pruebas previas en la Luna, (2) otra que considera establecerse primero en la Luna y hacer ahí todas las pruebas necesarias antes de realizar un intento de viaje a Marte y (3), una ruta flexible que permita alcanzar y establecerse en posiciones intermedias como los puntos de Lagrange, las órbitas terrestre o lunar, asteroides o las lunas de Marte; para luego iniciar la exploración de la superficie marcianaⁱⁱⁱ.

En otro informe similar la American Academy of Arts and Sciences (Mindell et al, 2009), señala que en los próximos años el esfuerzo de EE.UU. debería centrarse en la exploración con robots y misiones tripuladas en cooperación con otros países. Indica que se ha discutido bastante respecto de la necesidad de instalarse en la Luna, antes de hacer el viaje a Marte; sin embargo, agrega que esa decisión no puede ser tomada aún ya que, por un lado, en los próximos años es posible que sean desarrolladas tecnologías que no hagan necesaria la escala en la Luna o; por el contrario, podrían no encontrarse las soluciones necesarias que hagan viable una misión a Marte.

Finalmente, la visión documentada por la propia NASA considera una secuencia que incluye pasar de las operaciones en la órbita terrestre a los puntos de Lagrange o en el espacio entre la Tierra y la Luna; visitas a asteroides cercanos a la Tierra, establecerse en la Luna y, finalmente, descender en Marte o alguna de sus lunas (NASAa, 2012). Según esta Agencia las misiones al espacio entre la Tierra y la Luna permitirán analizar mejor los efectos de la radiación espacial, y ganar experiencia respecto de la vida humana en misiones de larga duración; adicionalmente, podrá entrenarse el predespliegue de equipamiento de apoyo para futuras exploraciones, a una distancia relativamente cercana de la Tierra. Por su parte, la exploración hacia asteroides cercanos a la Tierra permitirá experimentar con robots antes del despliegue de humanos, así como con la tecnología de control de misión y navegación que permitirá aproximarse, descender y trabajar en ellos con seguridad, a pesar de la velocidad de su desplazamiento.

Las bases lunares se han visualizado como el paso necesario para experimentar las tecnologías ISRU (in situ resource utilization); es decir, aquella que permitirá obtener de la superficie del cuerpo espacial visitado, los recursos necesarios para proveerse de energía, oxígeno, materiales de construcción o agua, entre otros. Además, en

ella se podrán probar la infraestructura para habitabilidad y soporte de la vida humana en misiones de larga duración, los vehículos para el transporte y exploración de la superficie y los sistemas robóticos de apoyo a las actividades humanas rutinarias.

Finalmente, en estaciones a medio camino de Marte se podrán experimentar los avances en propulsión espacial, así como el diseño de las naves para viajes tripulados prolongados. Esto último obligará también a definir los procedimientos para apoyar las necesidades emocionales de los astronautas en medioambientes hostiles, confinados y aislados. Además, se deberán superar las complicaciones que el uso de sistemas de comunicaciones no instantáneos representará para el control de misiones y la toma de decisiones.

El desarrollo de las tecnologías necesarias.

El primer cambio que podrá visualizarse en los sistemas de transporte espacial de carga y tripulaciones del futuro próximo, es que éstos serán construidos y operados por empresas privadas contratadas por los programas espaciales. Según las proyecciones serán diseñadas para transportar a la órbita terrestre (o más allá) hasta 130 toneladas de ellas podrán posicionarse en órbita o en los puntos de Lagrange. En cuanto a la propulsión, por ahora se visualiza el empleo de estanques criogenizados conteniendo hidrógeno y oxígeno líquido que al evaporarse producirán el impulso; además, como una forma de disminuir la masa de los cohetes cargueros en su despeque desde la tierra, es probable que estanques de combustible se pre desplieguen en el espacio ya sea en órbita de baja altitud en la tierra como lo señala el Comité de planificación de vuelos espaciales de EE.UU. (USPC, 2009). Junto a los propelentes químicos, se evaluarán las posibilidades de la altamente eficiente y barata propulsión eléctrica en base a la energía solar, así como la propulsión nuclear, de alta confiabilidad y durabilidad, para generar electricidad para propulsores eléctricos; o bien, para producir evaporación de propelentes líquidos.

La habitabilidad en particular y la infraestructura espacial en general, representan uno de los máximos desafíos de las futuras exploraciones, en atención a las implicancias que esta tecnología tendrá en la sustentabilidad y seguridad de las misiones; aspecto que incidirá en la construcción de

estaciones o naves espaciales, bases en superficie y los vehículos o trajes para las actividades extravehiculares. Deberán considerarse en su diseño elementos que protejan a los astronautas de la radiación cósmica, que optimice la baja capacidad de almacenamiento y que asegure el desenvolvimiento de personas y equipos en un medioambiente peligroso, aislado y de baja gravedad.

Los robots se constituirán en un apoyo fundamental a la exploración espacial y serán usados para misiones previas a las humanas en tareas de reconocimiento, identificación de riesgos, testeo de nuevos sistemas y apoyo en funciones repetitivas o peligrosas; dando forma a una interacción entre humanos y máquinas que requerirá el desarrollo de interfaces adecuadas para hacer útil y expedita tal comunicación. La NASA señala que en especial los robots serán utilizados para la exploración de asteroides cercanos a la tierra, con la finalidad de identificar aquellos a los cuales valga la pena efectuar una misión tripulada (NASAa, 2012).

La vida en las colonias.

Las anteriores son capacidades que la humanidad deberá desarrollar para salvar los problemas y riesgos de la exploración espacial de los próximos treinta años; sin embargo, también se prevé la necesidad de tomar en cuenta algunas orientaciones no necesariamente relacionadas con el desarrollo tecnológico. Pass (2008) indica, por ejemplo, que deberá prestarse atención a las nuevas formas que adoptará la relación humana en sociedad, una vez establecidas las primeras colonias permanentes fuera de la tierra. Señala que lo





anterior hará necesario ajustar las ciencias sociales y conductuales al contexto de la vida en el espacio, lo que obligará a preguntarse si estos grupos se verán afectados en su vida en sociedad, de una manera similar o distinta a lo vivido en el pasado por grupos de colonizadores en la Tierra.

Gavert (2006) se pregunta la forma que tomará la sociedad en la Luna una vez que se instalen los colonos y sus familias, ya que un programa de organización colonial sobrepasa las capacidades y áreas de responsabilidad de la NASA u otras agencias. Este autor propone que los colonos adopten un modelo centrado en un Consejo de Colonización no gubernamental que se preocupe de los asuntos coloniales, al menos hasta que las Naciones en la Tierra acuerden un modelo de colonización.

Superados estos inconvenientes de corte social, es probable que la población de las colonias comience a incrementarse junto a la consolidación de la actividad comercial, la que en un principio seguramente girará en torno a la minería, la producción de energía y el turismo espacial. Esto requerirá el acondicionamiento del terreno para protegerse del polvo lunar o marciano, la construcción de caminos, plantas de tratamiento de basura y el desarrollo de negocios; momento en que la humanidad pasará a transformarse en una especie que vivirá en dos planetas (Sherwood, 2007).

De este modo es esperable que se produzca el desarrollo urbano de las colonias, dando forma así a las primeras ciudades humanas extraterrestres. En un interesante estudio realizado por la empresa Orbital Technologies Corporation (ORBITEC, 2003), se establecen dos escenarios de colonización para el planeta Marte suponiendo que se ha desarrollado la tecnología ISRU para sostener la vida humana.

El primero considera la instalación de una colonia de 100 personas entre los años 2040 y 2090, en tanto que el segundo escenario considera en el mismo período de tiempo el asentamiento de una colonia de hasta 10 mil personas. En el primer caso la empresa visualiza una sola ciudad base con un volumen total de 121500 m³, en tanto que para la colonia de 10000 personas considera un complejo compuesto por dos bases principales, cuatro bases pequeñas y dos bases remotas.

Por último, vale la pena mencionar el modelo de ciudades flotantes que Landis (2003) propuso para la colonización de Venus, planeta que él considera más viable que Marte para los asentamientos humanos extraterrestres. Indica que la composición de la atmósfera de Venus hace que la mezcla de aire respirable terrestre, puede usarse para elevar estructuras inflables de la misma forma en que se utiliza el helio en la Tierra para elevar aeróstatos. De este modo, se podría instalar a unos 50 Km. de altura de la superficie venusina un complejo flotante del porte de una ciudad pequeña, en un medioambiente con temperatura y presión adecuadas para la vida, con acceso a abundante energía solar, una gravedad cercana al 90% de la terrestre y en una atmósfera que además de brindar protección de la radiación cósmica, contiene elementos adecuados para obtener oxígeno y agua.

3. Conclusiones

EE.UU. es el país que lleva la vanguardia en la exploración espacial. Y si bien es cierto existen países con una larga tradición en la exploración espacial como Rusia, otros que se encuentran consolidando su participación en programas internacionales como Europa y Japón u otros que han acelerado su desarrollo para emerger como potencias espaciales como China, India y Brasil; lo concreto es que no se prevé que EE.UU. sea desplazado de su posición de liderazgo en el mediano plazo.

Probablemente entre los años 2030 y 2050 un humano habrá caminado por Marte o al menos en alguna de sus lunas y, quizás, al final de dicho período ya se habrá instalado en su superficie una colonia de humanos y robots. Pero eso será la culminación de un tránsito que incluirá la instalación de una base lunar permanentemente antes del año 2030, el despliegue de estaciones espaciales de reabastecimiento o para descanso de tripulaciones en alguno de los puntos de Lagrange, la capacidad de construir infraestructura y naves en el espacio, el desarrollo de sistemas de propulsión altamente eficientes y, por sobre todo, la consolidación de las tecnologías ISRU.

Cuando estas actividades exploratorias den paso a las futuras actividades comerciales, más humanos se verán incentivados a trasladarse hacia bases espaciales las que pasarán a transformarse, entonces, en colonias permanentes de pioneros. Esto requerirá el establecimiento de regímenes u ordenamientos que permitan desarrollar y regular las sociedades espaciales y la relación entre los colonos. Finalmente, es probable que antes del año 2100 un humano nazca en una colonia fuera de la tierra; y cuando esto último ocurra, la humanidad será también una raza extraterrestre.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Gavert, Raymond. 2006. Lunar Colonization and NASA's Exploration Changes. Space technology and applications international forum. American institute of physics. Fuente: <http://dx.doi.org/10.1063/1.2169284>. (Consultado el 25-10-12).
2. Landis, Geoffrey. 2003. Colonization of Venus. American Institute of Physics. Fuente: <http://dx.doi.org/10.1063/1.1541418>. (Consultado el 15-10-12).
3. Mindell, David; et al. 2009. The Future of Human Spaceflight: Objectives and Policy Implications in a Global Context. American

Academy of Arts and Sciences. Cambridge. Fuente: <http://www.amacad.org/publications/spaceFuture.aspx> (Consultado el 11-11-12).

4. NASA. 2012. Sitio Web de la NASA dedicado a la Estación Espacial Internacional. Fuente: www.nasa.gov (Consultado 06-11-12).
5. NASAa. 2012. Voyages, Charting the Course for Sustainable Human Space Exploration. Langley Research Center, Hampton. Fuente: www.nasa.gov/centers/langley (Consultado 07-11-12).
6. OCDE. 2011. The Space Economy at a Glance 2011. OECD Publishing. Fuente: <http://dx.doi.org/10.1787/9789264111790-en> (Consultado el 10-11-12).
7. ORBITEC. 2003. A view of future human colonies in Mars. Space technology and applications International Forum. American Institute of Physics. Fuente: <http://dx.doi.org/10.1063/1.1541426> (Consultado el 19-10-12).
8. Pass, Jim. 2008. Astrosociology and Space Exploration: Taking Advantage of the Other Branch of Science. Space Technology and Applications International Forum. American Institute of Physics: p879. Fuente: http://www.astrosociology.com/Library/PDF/STAIF2008_OtherBranch.pdf (Consultado 30-10-12).
9. Sherwood, Brent. 2007. What Will We Actually Do On the Moon?. American institute of physics. Fuente: <http://dx.doi.org/10.1063/1.2437521> (Consultado el 27-10-12).
10. USPC. 2009. Seeking a human spaceflight program worthy of a great Nation. Review of U.S. Human Spaceflight Plans Committee. Fuente: http://www.nasa.gov/pdf/396093main_HSF_Cmte_FinalReport.pdf (Consultado el 06-11-12).

Notas al final

- i. Puntos de Lagrange o Puntos L: corresponden a cinco puntos en el espacio en los cuales las fuerzas gravitacionales de la Tierra y la Luna se compensan, lo que permite que un vehículo pueda mantenerse casi estable en esa posición con un menor consumo de combustible.
- ii. Lo que podría darle a esta sección de la Estación Espacial Internacional, la capacidad de separarse de ésta y desplazarse autónomamente (Mindell, 2009).
- iii. Finalmente, el Comité sugirió priorizar la alternativa (2) seguida de la (3), descartando la (1).