

NAVEGACION ESPACIAL

Por el Capitán (R) P. V. H. WOCMS
de la Marina de los EE. UU.

El autor de este trabajo nos dice que la navegación de un vehículo espacial a la luna es por muchos aspectos, más sencilla que la navegación por mar o la navegación aérea. Propone el uso de un sistema basado en leyes físicas conocidas y en la posición exacta de las estrellas determinadas por los astrónomos.

El requisito indispensable para la defensa del espacio es el maniobrable y tripulado por el hombre. Para su empleo en tiempos de paz, este puede recondicionarse como una necesidad de una nave espacial tripulada capacitada para juntarse. En un esfuerzo tendiente a presentar a los lectores un cuadro de procedimientos fácilmente comprensibles de la navegación espacial, se tomarán en consideración tres suposiciones y unas declaraciones simples con nuevos detalles para sustentarlas. Este plan nos permitirá evitar las deducciones matemáticas tediosas y las explicaciones de las leyes físicas conocidas.

Suposiciones:

- (1) Alcance limitado a unas 250.000 millas.
- (2) La nave espacial tendrá potencia

suficiente para las necesidades espaciales mínimas.

- (3) El hombre está capacitado para pensar y actuar en el espacio.

El proyecto Apolo ideado para Alunizar y volver de la Luna antes de 1970, en el cual se invertirían billones de dólares es una operación relativamente modesta porque la parada inmediata, el planeta Marte o Venus, estará a muchos millones de millas. Por lo tanto limitemos nuestro estudio a viajar en las cercanías de la Luna. A menos que las dos últimas suposiciones se realicen, sería inútil enviar un hombre al espacio. Navegar implica habilidad para dirigir una nave espacial, es decir, ser capaz de variar en su velocidad y dirección.

Con estas suposiciones importantes el problema del Navegante Espacial se

simplifica considerablemente. En efecto, se predice que en muchos aspectos la navegación espacial en sí misma, será mas sencilla que la navegación marítima o aérea.

Esta afirmación se hace sin beneficio alguno. No podemos recopilar conocimientos previos basados sobre la experiencia espacial para un plan de vuelo. Sin embargo, podemos fundamentar nuestra operación sobre leyes físicas conocidas y sobre la posición precisa de las estrellas que nos suministran los astrónomos. En otras palabras, podemos subirnos sobre los hombros de gigantes como Newton y Kepler y otros, y observar en el espacio lejano formando nuestros propios planes de vuelos espaciales con seguridad.

Leyes de gobierno:

- (1) Las leyes básicas de Newton, Kepler y otros.
- (2) La habilidad del hombre para efectuar observaciones celestes por medio de la visión directa con un alto grado de precisión. Afortunadamente, las leyes de Newton y de Kepler pueden expresarse en un inglés muy sencillo y lo comprenden y explican los estudiantes de bachillerato. Para aquellos que parecen necesitar de problemas matemáticos con el fin de alcanzar un conocimiento exacto de los principios básicos, tenemos fórmulas tales como $F=MA$.

Para comprender la relación que existe entre distancias, posición y dirección en el Espacio, estudie con cui-

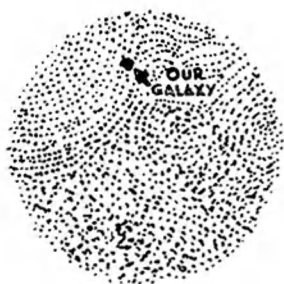
dado la Figura 1. Acto seguido piense en la precisión maravillosa de la posición de las estrellas tal como nos la suministran los astrónomos. Ejemplo: con una estrella conocida en el Zenith en un tiempo determinado, ¿con que exactitud computaría un astrónomo su posición?

No dentro de diez millas sino dentro de las 10 yardas; Ud., puede verificarlo preguntando al Dr. Clemente en el Observatorio Naval de los EE. UU. como hice yo.

El significado de esto, es como la posición de las estrellas y sus direcciones pueden usarse para la navegación espacial exacta: las distancias en el espacio cislunar carecen de significado excepto como distancias relativas a la tierra o a la Luna. Aun el Sol y sus otros planetas están tan distantes que para un viaje lunar los cambios aparentes en estos cuerpos serían muy pequeños.

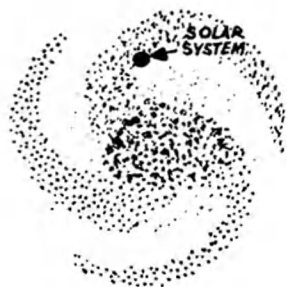
Ayudas a la Navegación Espacial:

- (1) Relojes de precisión que permiten observar el tiempo al segundo.
- (2) Sextantes tipo marino, manuales que permitan que los ángulos sean observados a 1" de arco.
- (3) El Calendario Espacial (propuesto) que dé las posiciones y la efemérides o posición tabulada de la nave espacial para su trayectoria orbital.
- (4) Nomograma y computadores manuales para soluciones veloces aproximadas de parámetros orbitales.
- (5) Un equipo electrónico más sencillo



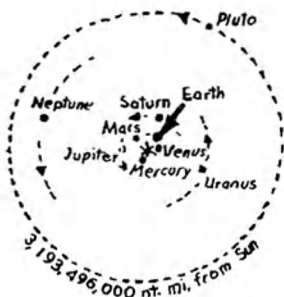
(1) THE UNIVERSE -

Observable distance from our galaxy in any direction about 4 billion light years.



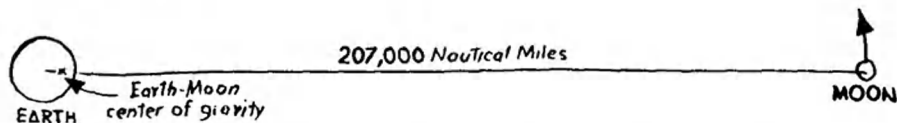
(2) OUR GALAXY (The Milky Way System) -

Estimated as 80,000 light years in diameter; Sun is approximately 26,000 light years from center.



(3) SOLAR SYSTEM -

Sun moving in space at approximately 420,000 knots. Orbit of Pluto about 11 "light hours" in diameter. Distance from Sun to Earth about 8 "light minutes." Earth moving around Sun at 58,000 knots.



NOTE Earth and Moon shown at double size in proportion to distance.

Figure 1. Relative distances in space

a medida que el costo y el peso lo permitan, teniendo en mente que se necesitarán hasta 1.000 libras de combustible para colocar una línea de carga útil en órbita.

Los relojes y los sextantes son artículos que pueden obtenerse fácilmente y el Calendario Espacial podrá obtenerse pronto con facilidad. Para las herramientas del renglón 4º véase el Manual de Navegación Espacial (Nav Pers 92.988) señalado el indicador Collen, los computadores Dunlap y los nomogramas. Quizás el único renglón de mayor importancia de la navegación espacial sería el calendario espacial. Parece que existe un concepto errado acerca de este libro. Para una nave espacial no tripulada, su línea orbital o trayectoria o efemérides en su forma más adecuada es alimentada dentro de un sistema de guía automático. Una nave espacial tripulada necesitará estos datos en la forma que mejor pueda usarlos un operario. Un programa propuesto para un Calendario Espacial puede observarse en la Fig. 2 (a y b) que proporciona la trayectoria de referencia o efemérides computada cuidadosamente por los astrónomos. Como una nave espacial seguirá normalmente una órbita o tratará de unirse a una nave espacial en una órbita conocida, el Calendario Espacial incluirá la órbita de referencia, la que se ha de seguir. El piloto de acuerdo con nuestra suposición tendrá la capacidad de dirigir la nave dentro de los límites prácticos para conformarlos a la órbita de referencia.

La tabla propuesta en la figura 2 contiene datos abundantes y útiles para los estudiantes e instructores. Cartas de las estrellas o globos de estrellas mostrarán las posiciones de las estrellas, las cuales para el astronauta aparecerán fijas en el Espacio. Para los observadores de la tierra las estrellas parece que se movieran hacia el Oeste debido a la rotación de la tierra hacia el Este.

Las leyes físicas conocidas a más de la ayuda para la navegación por aire y mar, especialmente el reloj y el sextante hacen factible planear la navegación espacial con seguridad. El equipo y los métodos más sencillos posibles se proponen para la primera navegación espacial con cambios y adiciones como los dicte la experiencia.

Medio Ambiente Espacial:

- (1) El hombre experimentará estados biológicos nuevos. Puede dejarse a los expertos en biología y cubrirse por mera suposición.
- (2) Los problemas de energía se supone que serán resueltos por suposición.
- (3) Se experimentarán con velocidades mayores de 20.000 nudos o el navegante espacial hará frente a problemas psicológicos mayores que a los de carácter técnico. Esto se deberá a las nuevas condiciones a las que tendrá que encarar. La nave espacial funcionará en la atmósfera exterior de la tierra y no está sujeta a la resistencia atmosférica. Un efecto de operar en el espacio es cómo la velocidad será mante-

5 JANUARY 1961

| ECHO 1 FROM EARTH | | | | | |
|--------------------------------|---------|---------|--------|-------|---------|
| GMT | LONG | LAT/DEC | SHA | SPEED | REMARKS |
| 0 ^h 00 ^m | W115.36 | S08.46 | 011.01 | 14300 | |
| 05 | 104.90 | 19.99 | 359.30 | 14000 | |
| 10 | 93.25 | 30.23 | 346.39 | 13720 | |
| 15 | 79.54 | 38.62 | 331.43 | 13470 | |
| 20 | 63.24 | 44.50 | 313.88 | 13220 | |
| 25 | 44.86 | 47.17 | 294.24 | 13000 | |
| 30 | 26.30 | 46.36 | 274.43 | 12890 | |
| 35 | 9.67 | 42.44 | 256.55 | 12780 | |
| 40 | E 4.17 | 36.19 | 241.45 | 12740 | |
| 45 | 15.53 | 28.33 | 228.84 | 12780 | |
| 5 | 5.14 | 19.40 | 217.98 | 12890 | |
| | | 09.72 | 208.11 | 13040 | |
| | | 9 | 198.58 | 13250 | |

Figure 2a. Proposed page layout for a Space Almanac (left hand page).

| 5 JANUARY 1961 | | | | | | |
|--------------------------------|---------|-----------------|-----------------|-------|--------|--------|
| STAR DISTANCES | | | EARTH FROM ECHO | | | |
| GMT | ANTARES | SIRIUS | DISE | RANGE | DEC | SHA |
| 0 ^h 00 ^m | 26.19 | 18.59 | 113.23 | 684 | N08.46 | 191.01 |
| 05 | 24.25 | 31.55 | 109.70 | 769 | 19.99 | 179.30 |
| 10 | 22.50 | 47.30 | 106.60 | 858 | 30.23 | 166.39 |
| 15 | 22.10 | ALTAIR 32.50 | 103.60 | 944 | 38.62 | 151.43 |
| 20 | 22.69 | 19.69 | | 1022 | 44.50 | 133.88 |
| 25 | | | | | 47.17 | 114.24 |
| | | | | | 36 | 094.43 |
| | | | | | | 76.55 |

CONSTANTS

Anomalistic Period $P = 117.1837$ minutes
 Semi-major Axis $a = 4283.5$ nautical miles
 Eccentricity $e = 0.07923$
 Inclination $i = 47.2730$
 SHA of Descending Node $\Omega = 205.2730$
 Argument of Perigee $\omega = 133.919^\circ$
 Mean Anomaly $M = 263.262^\circ$
 (at the Epoch of 00 hours 7 January 1961)

Figure 2b. Proposed page layout for a Space Almanac (right hand page).

nida sin fuerza o energía. Mientras que la energía es aplicada la velocidad será acelerada continuamente. Otro resultado de esta falta de resistencia es el que una pequeña fuerza aplicada en un intervalo prolongado dará por resultado un gran cambio en la velocidad.

Para mostrar la apariencia de la órbita de un satélite y la fuerza requerida para cambiar una órbita, la Fig. 3 muestra la del satélite Eco que es el único satélite artificial claramente visible. Obsérvese que se necesitan 7.000.000 de libras pies para mover el Eco con 166 libras de peso desde un período de 117 minutos a uno de 118 minutos. Esto podría hacerse con un empuje considerable por un corto tiempo o con un pe-

queño empuje por un tiempo mayor o igual a la energía generada por una máquina de 5. H.P., en hora y media.

Las velocidades formidables requeridas por la nave espacial para colocarse en órbita serán nuevas para el hombre. Estas altas velocidades necesitan un alto grado de precisión en el tiempo. Una nave espacial en órbita circular con la potencia cerrada, mantiene una velocidad constante y permanece en un plano casi fijo o estable. Para aquellas distancias a la Luna, el Sol y los planetas aparecerán como son desde la tierra. Solo las posiciones relativas del observador con respecto a la tierra o Luna, serán obvias. Ambas darán la sensación de que se mueven a través de los cielos con los Sputniks.

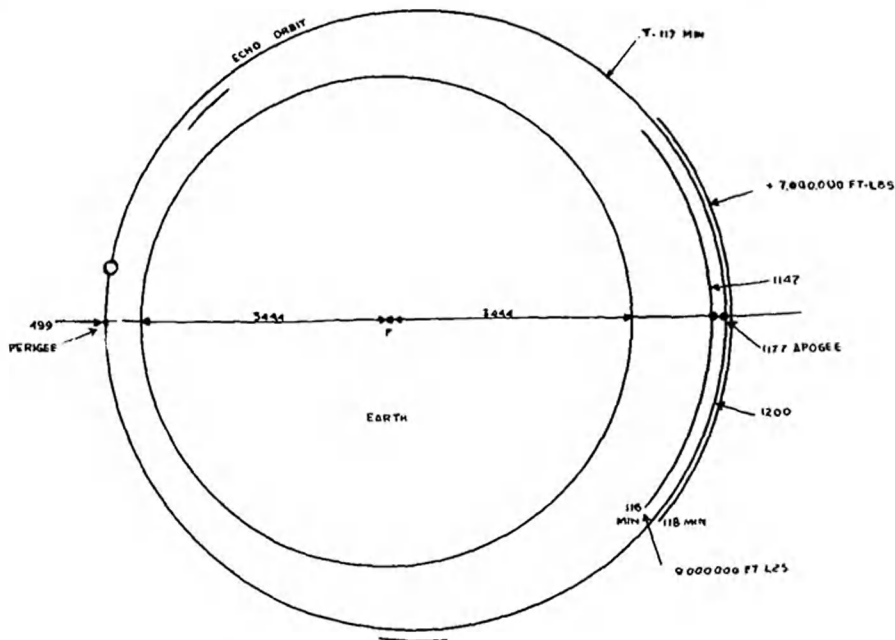


Figure 5. Echo satellite orbit, 5 January 1961

Unidades.

Desde cuando el hombre parte de la tierra y espera volver a ella, hay una ventaja en el uso de términos familiares tales como latitud, longitud, millas náuticas y nudos. Afortunadamente estas unidades pueden utilizarse, a pesar de la tendencia actual de usar otras unidades.

Elementos de la Navegación Espacial.

El concepto de la navegación espacial como lo ha comprobado el Departamento de Marina en una clase piloto que funcionó durante la última mitad de 1961 utiliza un equipo mínimo, capacidades humanas máximas, posiciones exactas de las estrellas y la tierra misma como un faro encerrado en el espacio.

Si a un navegante de mar se le da la marcación y la distancia desde un faro puede navegar. El navegante espacial puede determinar con facilidad su distancia desde un punto de la tierra y de tal modo su posición tridimensional en el espacio. El procedimiento para llevarlo a cabo lo describimos ahora.

Como se informó anteriormente la tierra parecerá moverse en órbita alrededor del observador. La posición aparente del centro de la tierra relativa a la posición de las estrellas conocidas en función del ángulo horario Sidereo, determina la posición geográfica, del observador. Estas unidades pueden cambiarse a la latitud y a la longitud del observador geográfico o a la posición de la tierra designando nuevamente la destinación como latitud y aplicando el

ángulo horario de Greenwich de Aries de ángulo Sidereo del centro de la tierra. El método para combinar el ángulo horario Sidereo y el ángulo horario de Greenwich de Aries puede verse en la Figura 4. Esto dará una fija de dos dimensiones en el vertical del observador. Para hallar la distancia desde un punto de la tierra a lo largo de la línea vertical y a través de ella, se ha utilizado un estadímetro especialmente diseñado a un sextante marino; se usa para medir el ángulo subyendido por el disco de la tierra y la Tabla S1 (Fig. 5). Se trabaja con este ángulo para obtener la distancia en millas náuticas verticalmente sobre el punto de la tierra.

Las posiciones en el espacio pueden en este caso determinarse fácilmente, continuamente y podemos predecirlo con suficiente exactitud para la nave-

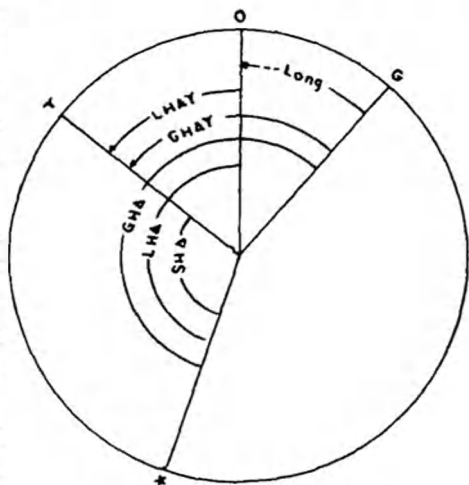


Figure 4 The relationship between longitude and hour angle. Westward directions are measured Counterclockwise G is the Greenwich meridian, O the observer's meridian T is the hour circle of Aries, and ★ is the hour circle of a star

gación espacial práctica. Posiciones varias tomadas en serie determinarán el plano orbital y la velocidad de este plano aunque la velocidad en esta órbita elíptica usual variará de acuerdo con la Ley de Kepler.

Se podría objetar aquello de posibles observaciones "continuas" ya que tal vez serían limitadas debido al posible brillo del Sol. Debe tenerse en cuenta que la nave espacial viajará a velocidades de miles de nudos, de suerte que en unos pocos minutos cambiarían las condiciones permitiendo resumir las observaciones de rutina.

Una pregunta obvia es por qué este sistema de navegación espacial no ha sido propuesto antes. La respuesta es la que en principio partes del sistema han sido propuestas. Por ejemplo, los exploradores electrónicos están diseñados para establecer el vertical del observador y se han propuesto los sistemas de inercia para llevar a cabo la estima que nos proponemos hacer por una serie de fijas.

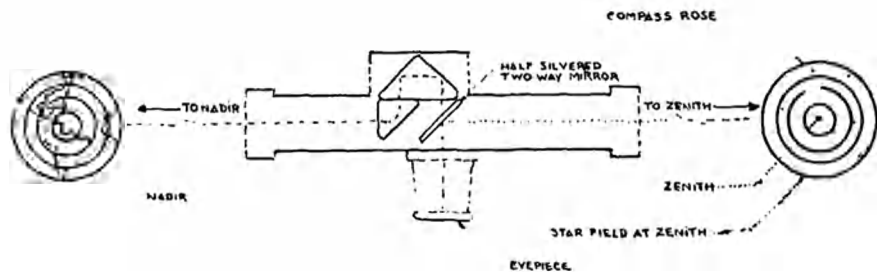
Los sistemas de inercia no son suficientemente precisos para una posición conocida en un período de tiempo prolongado, y se deben verificar periódica-

mente por medio de la observación de las estrellas. Ya que el último recurso es el de las posiciones encontradas por la observación de las estrellas por qué no hacer de las posiciones celestiales las posiciones principales y usar los otros equipos, como ayudas para nuestro método básico disponible?

Las estrellas o la tierra misma pueden usarse asimismo para el control de la altitud. Una línea de mira directa desde el observador al centro del disco de la tierra establece el vertical del observador y permite el control de la altura. Una línea de mira establece una línea en una dirección fija, dos estrellas observadas simultáneamente establecerán un plano y otras estrellas, una actitud fija en el espacio del movimiento de un millón de millas hacia arriba o hacia abajo o a la derecha o a la izquierda.

Técnica de la Navegación Espacial.

El procedimiento de rutina para la navegación espacial es por posiciones adquiridas, como se explicó anteriormente, para ser comparadas con las posiciones suministradas en forma de Almanaque Espacial. Si en un momento



determinado la posición observada se ajusta a la posición del Calendario, la nave espacial viajará en su órbita. Sin embargo, es más probable que las posiciones no seguirán precisamente el programa orbital tabulado sino que se desviarán de ahí más o menos dependiendo de la precisión de la órbita computada y del control de la potencia de la nave espacial. El problema del piloto espacial será el de controlar el movimiento de esta nave como para hacerla que se mantenga en el programa (Fig. Nº 6).