

Concienciación persistente sobre la situación espacial para los Guardianes de la Frontera del Espacio

ROBERTA EWART, PhD, FUERZA AÉREA EUA

En todos los momentos de todos los días, año tras año se mantiene una vigilancia. Gracias a los satélites, el mundo es un lugar más seguro. Gracias a su vigilancia constante, ambos lados saben el número, el lugar y el estado de las armas de los otros. Y ambos bandos son conscientes de que su adversario lo sabe. Las nuevas amenazas pueden identificarse y contrarrestarse. Una nación puede actuar desde el conocimiento en lugar del temor y la ignorancia. La sorpresa y el farol ya no son tácticas útiles. De esta forma, los satélites militares representan una influencia estabilizadora, comportándose como los guardianes de cualquiera que sea la paz que existe en el mundo.

—Curtis Peebles

Guardianes: Satélites de reconocimiento estratégico

Como nación, EE.UU. ha venido debatiendo sobre el poder espacial, la guerra espacial, el combate espacial, o cierta combinación de esos conceptos durante casi 60 años, desde aproximadamente 1958. Ninguno de los materiales recientes (desde el 2015 al presente) referentes a la Visión de Empresa Espacial (SEV) promulgada por el Comando Espacial de la Fuerza Aérea (AFSPC por sus siglas en inglés) o la comunidad de control espacial en general es nuevo. En 1994, se entregó un informe a la Secretaría del Directorado de la Fuerza Aérea para Programas Espaciales, titulado “La amenaza emergente y la futura necesidad de control espacial”, que se asemeja asombrosamente a los documentos que se entregan y tratan hoy.¹ Así, en un debate ligeramente diferente, es interesante hacer esta pregunta desde una perspectiva tecnológica: ¿qué debe hacer la nación para prepararse mejor, tecnológicamente, a fin de disuadir una acción agresiva en el espacio/ciberespacio, y si es necesario, imponerse, en caso de que fracase la disuasión?

Hasta la fecha, se han infrautilizado los métodos de inversión en tecnología clave que podrían centrar la discusión y la ejecución de esfuerzos para corregir carencias espaciales militares percibidas y proporcionar una solución eficiente y efectiva a largo plazo. Este método debe discutirse abiertamente como base para la estabilidad, basada en la teoría de disuasión de comportamiento. No es simplemente para beneficio del público que este método debe considerarse más abiertamente: dentro del gobierno no será posible concebir una superposición de seguridad capaz de aportar la amplitud del cambio integrado. La mayor parte del

esfuerzo de SEV debe diseñarse de una manera más abierta para que más personal de adquisición y de operaciones existente pueda contribuir a la solución total.

Para crear este método de discusión abierta, se proponen las siguientes ideas, derivadas de la política y guía existentes, como base inicial para valores comunes. Estas ideas no son mutuamente exclusivas y es probable que no sean totalmente completas:

1. Buscar tecnologías para mantener y mejorar las ventajas de seguridad nacional permitidas a EE.UU. por el espacio militar.
2. Permitir a los sistemas espaciales militares disuadir a los adversarios y si fracasa la disuasión, imponerse.
3. Apoyar una empresa espacial militar más fiable, disponible, sostenible y duradera.
4. Fomentar la base industrial espacial para apoyar la seguridad nacional de EE.UU.
5. Enfocar la innovación espacial y tecnológica y facilitar su transición a programas espaciales militares registrados.

Desde una perspectiva histórica, pero sin adentrarnos demasiado en el pasado, en 1995 el Consejo de Asesoría Científica (SAB, por sus siglas en inglés) de la USAF realizó el estudio “Nuevas vistas del mundo: poder aéreo y espacial para el siglo XXI”,² que estableció condiciones similares, visión futura, conclusiones y recomendaciones que la comunidad espacial militar ha estado volviendo a revisar hoy. Los tecnólogos, en este caso el SAB, proporcionaron el marco para modificar la política, la doctrina y la guía para poder organizar, adiestrar y equipar funciones para el futuro entorno espacial militar. Mientras los tecnólogos del SAB formulaban este marco, respetaban la idea “Pararse sobre los hombros de gigantes”. Este lema es para aquellos, que nos han precedido y han concebido parte de la respuesta, para usar lo que han logrado y aplicarlo a la situación actual. Toda la comunidad espacial militar necesita hacer lo mismo 23 años después, es decir, pararse sobre los hombros de sus gigantes y no reinventar continuamente lo que ya se ha ideado. Al hacer esto, todos podemos avanzar más rápidamente, haciendo énfasis en buscar los componentes tecnológicos para el SEV. Las ideas fundamentales básicas se resumen de la forma siguiente con vínculos a la situación actual.

Las fuentes y transmisiones basadas en el espacio son cruciales para la “información” en la guerra basada en la información, de modo que las fuerzas de EE.UU. puedan responder a los entornos de operación variables amenazados en evolución. Se dispone de una enorme cantidad de datos de

sistemas de sensores y de muchas fuentes diferentes y estos datos necesitan procesarse en información útil para el combatiente.

—"Nuevas vistas del mundo: poder aéreo y espacial para el siglo XXI"
Consejo de Asesoría Científica del Departamento de la Fuerza Aérea

Actualmente, el valor militar del sistema espacial se deriva de su contribución al dominio de información en la lucha terrestre. No existe nada de valor militar inherente que "retener" en el espacio. No hay "motivo". No hay actualmente ningún recurso (personas, materias brutas o tesoro) que lleve a un conflicto con otras naciones. El valor está en la posición espacial que proporciona el sistema en relación con el dominio de información para ejercer un dominio terrestre.

Una predicción abrumadoramente correcta, aplicable a este debate, en el estudio de *New World Vistas* (Nuevas vistas de mundo) de 1995, era que la tecnología se dispersaría con más igualdad y de forma más extensa y esa vasta cantidad de información disponible comercialmente cambiaría la dinámica de la ecuación del dominio de información. La dispersión de tecnología y el acceso al espacio, que se ha estado produciendo a escala mundial, desestabiliza la posición anterior de supremacía que ha experimentado EE.UU. Fue suficientemente perturbador que se recurriera a un tercer desplazamiento para volver a ganar y "mantener la superioridad contra cualquier adversario potencial".³ Desgraciadamente, el tercer desplazamiento no se ha manifestado completamente, por lo que no es posible vincular directamente ese concepto a la evolución de la doctrina/política/guía militar espacial. No obstante, el tercer desplazamiento apunta claramente al deseo de encontrar un apoyo tecnológico suficiente para soportar el peso de la visión de la empresa.

Así, incluso sin una política completamente formada a nivel de un tercer desplazamiento, los planificadores espaciales militares pueden seguir de la forma siguiente y empezar a idear una posición disuasoria. Desde la perspectiva de un tecnólogo, hay suficientes tecnologías disponibles actualmente para convertir la empresa espacial existente en una empresa de combate espacial siempre que el objetivo sea el dominio de la información. Si la comunidad puede dejar a un lado momentáneamente el dominio la energía cinética y dirigida en el espacio militar, EE.UU. puede seguir adelante por un camino de estrategias de disuasión apoyado por el desarrollo de sistemas más abiertos con un mayor grupo de tecnólogos de información. Esto aportará una mayor diversidad de ideas y permitirá la reducción del costo del esfuerzo de forma considerable. Se sabe bien que desarrollar y adquirir sistemas clasificados es muy costoso y reduce el número de personal del que obtener las soluciones tecnológicas. Normalmente, las soluciones concebidas en un dominio muy clasificado no son las más avanzadas, ya que esas residen en uni-

versidades y pequeñas empresas cuyo personal generalmente no tiene las autorizaciones del gobierno de EE.UU. y no desea las restricciones en su trabajo a cambio de ese privilegio. Así, la base de la nueva idea es que limitando el alcance inicial de la SEV a su apoyo de dominio de información (y ese dominio de información se usa para una función de disuasión, mientras que a su vez la función de disuasión se concibe mejor de forma abierta), es posible crear una asociación muy económica para muchos partidos. Lo que se necesita finalmente es un proceso de definición y requisitos vinculado a un proceso de ingeniería de “sistema de sistemas” que permita que esa tecnología se corresponda con conjuntos de destrezas de combate apropiadas para aprovechar esa tecnología.

Los conjuntos de destrezas de combate se basan en los principios de guerra. La aplicación de los “Principios de guerra”, las versiones asociadas con *De la guerra* por Clausewitz, y *El arte de la guerra* por Sun Tzu, al dominio de la información, da lugar a dos métodos.⁴ El primero es el de Sun Tzu para evitar la guerra completamente mediante un uso superior de la información antes de la confrontación. Este es el caso en que la concienciación persistente de la situación espacial (SSA) y la suficiente caracterización de acción en el espacio, para atribuir a las partes tomando acciones, es particularmente valiosa. Una vez que se haya iniciado una confrontación o un conflicto, el segundo método de aplicar los principios descritos por Clausewitz, se hace más apropiado.⁵ Un subconjunto de estos principios incluye sorpresa, maniobra, concentración de fuerza, objetivo singular y niebla de guerra. Mientras se ideaba la infraestructura del espacio, el respeto a estos principios, para apoyar el dominio de información, es la contribución clave para la SEV. Tomando cada principio, es posible llegar al comienzo de un proceso de generación de requisitos con las limitaciones de política y guía. Por ejemplo, se evitan las sorpresas si los sistemas basados en el espacio pueden reunir más y mejor información que los sistemas del adversario. Esto suena evidente, pero los requisitos de información de la SSA deben dividirse en aspectos volumétricos de las diversas órbitas y ángulos de aspecto bajo iluminación, la puntualidad de los informes, la posición precisa y el tiempo preciso para correlacionar los varios tipos de información para el proceso de atribución de SSA. Esto no es evidente en el análisis o el diseño de un sistema de SSA persistente.

Suponiendo que la mayoría acuerda que el dominio de información es el objetivo inicial apropiado para la SEV, el paso siguiente es concebir los objetivos para lograr la estrategia de disuasión. Hay varias formas de estrategia de disuasión, y una es disuadir la acción haciendo que el actor sea consciente de que se han descubierto sus acciones y posiblemente sus intenciones. En otras palabras, que no hay sorpresa para sus acciones y que la “niebla de la guerra” no es aplicable en el caso particular que busca. Aquellos adiestrados en Sun Tzu acordarán que una vez

que el adversario sea consciente de la acción que se está planificando, no es aconsejable seguir la acción y arriesgar recursos valiosos. Busque términos mejores en un momento posterior. Así, la estrategia es disuadir la acción del adversario, y en su lugar ofrecer otra vía para lograr algunos de sus objetivos en una secuencia continua de pasos de gratificación diferidos. Este método funciona bien con disuasión por negación, que es cuando la disuasión se dirige a asegurarse que se negará al adversario el objetivo de su acción.

Una teoría sobre la disuasión es que mostrando la capacidad de los sistemas para reunir la información, como sistemas SSA, no queda duda en la mente del adversario que son conocidos y que sus acciones están caracterizadas. La otra ventaja de abrir los calcos de clasificación de seguridad para SSA es que más sistemas de SSA pueden adquirirse en los canales de “solo para uso oficial”. Esto reduce el costo de seguridad y aumenta la competencia de base industrial incrementando el número de vendedores capaces de suministrar el sistema. Mucha de la SSA “sinóptica” necesita ser un sistema abierto y no clasificado, así es el Sistema de Vigilancia Electroóptico Terrestre del Espacio Profundo basado en tierra y más recientemente el programa Geo SSA (GSSAP), por ejemplo. El GSSAP, una vez velado, fue revelado por el comandante de AFSPC públicamente. Esta revelación ayudó tanto a los equipos de SSA de EE.UU. como a los socios aliados, internacionales y comerciales a mejorar su eficiencia de colaboración. Es por tanto probablemente más económico mantener un conocimiento abierto de los sistemas sinópticos que puedan dar pie, de una manera oportuna, a sistemas más capaces y clasificados. Solamente unos cuantos sistemas de caracterización de SSA de alta fidelidad, complementados y exquisitos, se necesitarían realmente para respuestas adaptadas para preservar el espacio, no solamente para EE.UU., sino en última instancia para las zonas comunes espaciales. Durante el proceso, las eficiencias de los costos de sistemas sinópticos de SSA podrán pagar el costo y riesgo de los exquisitos sistemas de SSA de alta fidelidad. El objetivo clave entonces es obtener y mantener los niveles más altos de dominio de información a un precio “asequible” y para hacer eso, es crucial tener un SSA a un “precio asequible”. Es hora de considerar cómo hacer que este dominio de información sea asequible.

Ninguna nación actualmente tiene un 100 por ciento de observación persistente del espacio que rodea la Tierra. La utilidad militar espacial más básica es proporcionar una capacidad de rastrear constantemente objetos en órbita con énfasis en naves espaciales más grandes, maniobrables y activas. Esta información es el primer paso crítico en cualquier proceso estratégico, operacional o táctico. Es necesario lograr esta tarea de observación por varias razones. Una es que, sabiendo los lugares de los objetos en el espacio, muchas otras actividades se hacen posibles a un costo asequible. Para la comunidad espacial de seguridad nacional, esto in-

cluye proteger operaciones y haberes espaciales (militares, civiles y comerciales), apoyando la capacidad básica para verificar tratados y acuerdos internacionales y seguir la tradición de mejorar las operaciones militares globales terrestres y la libertad de movimiento por el globo.

Hoy, los satélites se rastrean durante intervalos. Esto ha llevado a un conjunto de sistemas de SSA que intermitentemente debe readquirir y volver a rastrear objetos. En los intervalos entre observaciones, los objetos podían cambiar sus órbitas, desplegar otros objetos, dividirse o poner nuevos satélites en órbita. No obstante, hay ventajas de una eficiencia y de una perspectiva de caracterización para tratar de rastrear continuamente un objeto, en vez de rastrear, soltar y readquirir el objeto. La eficiencia entra en juego al no tener que recalcular, volver a comprobar y readquirir continuamente el objeto cuando se rompe la cadena de custodia. Tener constantemente el objeto bajo vigilancia reduce el costo de la computación, comparación y nueva verificación adicional de la identidad de los objetos de su comportamiento rastreado y elimina errores que pueden producirse durante este proceso. El segundo beneficio es que, una vez detectado y continuamente rastreado, cualquier comportamiento del objeto empieza a indicar “su pauta de vida” y esto conduce a un mejor entendimiento de la intención del movimiento o de la acción del objeto. Así, es más eficiente en el uso de recursos y proporciona una mejor caracterización del comportamiento de un objeto para mantenerlo bajo una custodia de vigilancia continua.

Hay numerosas formas de rastrear continuamente satélites con diseños que usan sensores activos o pasivos y sensores que emplean fenomenologías diferentes en todo el espectro de energía. La estrategia seguida aquí es poner un sensor pasivo suficientemente lejos de la Tierra, de modo que todo el volumen de la órbita baja terrestre (LEO) a órbitas ligeramente más geosíncronas (GEO) son continuamente visibles. Esta técnica de “distanciamiento” se ha usado efectivamente en muchos diseños y aplicaciones militares, pero en todos los casos, impulsa la tecnología y la práctica más avanzadas del ingeniero a fin de obtener el rendimiento necesario a una mayor distancia.

La característica adicional de colocar el sensor lejos de la Tierra es que requerirá un gran consumo de energía con el tiempo, “acción” para llegar a esta posición lejana.⁶ Debido a la gran acción requerida, es más difícil para cualquier adversario alcanzar el sistema, o alcanzar el sistema en un período razonable para ser militarmente relevante y cualquier movimiento a ese efecto señala directamente la intención del adversario, ya que no hay otra razón conocida para estar en la ubicación a esta gran distancia. Así, un sensor, con esta capacidad, a una distancia que es claramente una disuasión, es por sí mismo la base de todas las funciones de disuasión de cualquier política espacial. A continuación, se citan las opciones para lo-

grar esa visión.⁷ El método escogido para ver constantemente cualquier satélite es aumentar el radio de acción del observador al satélite, de modo que cualquier órbita satelital esté constantemente a la vista. La opción uno necesita dos satélites en una órbita terrestre alta (HEO). La opción dos coloca un satélite en órbita aproximadamente en el punto de *Lagrange L1*. Varias misiones específicas han sido o van a ser llevadas a cabo desde versiones de esta órbita. La opción tres coloca un satélite en una órbita polar. Desde un observador en el terreno, una órbita polar sigue una trayectoria hemisférica sobre el polo norte o el polo sur. Para mantener esta órbita, se requiere un empuje casi continuo.⁸

La tabla abajo compara estas tres opciones con respecto al porcentaje de tipos de órbitas continuamente a la vista y la acción adversaria necesaria a la cita con el satélite. La opción polar ofrece la mejor vigilancia continua de satélites en GEO, órbita media terrestre (MEO) y órbitas HEO. Ninguna de las opciones puede observar constantemente todos los satélites posibles en LEO debido al oscurecimiento planetario. La opción polar tiene la mayor resistencia, necesitando una “acción” 400 veces mayor de alcance que la acción para llegar a GEO. Con las medidas actuales, se tardarían 81 días en citarse con el satélite polar.

Tabla. Opciones comparadas con la continuidad de cobertura de órbita y acción para atacar

Opción	HEO de 12 días	Ubicación L1	Órbita polar
Porcentaje de órbita continuamente a la vista:			
GEO	100%	90%	100%
MEO	88%	88%	100%
HEO	80%	85%	96%
LEO	Polar 29 % ecuatorial 100 %	29 %	Polar 29 % ecuatorial 100 %
Acción necesaria para el satélite (julios seg/kg)	2,6 106	2,1 108	4,4 108
Múltiplos de acción para alcanzar GEO	~ 2 a 3	~200	~400
Energía adicional para lograr la órbita (megajulios/kg)	61,7	62,4	63,5
Tiempo de energía mínimo (días) para lograr la órbita	0.5	38	81

Nota: La opción polar proporciona la mejor cobertura continua de tipos de órbita y la más resistencia a las acciones adversarias.

Es debido a estas ventajas que se ha escogido el satélite en órbita polar como el sistema para promover el objetivo de SSA 100 por ciento persistente que respalda la disuasión y si fracasa la disuasión, este sistema dará la ventaja estratégica, operacional y táctica para prevalecer en el espacio y por el espacio. Las otras dos opciones podrían usarse como esfuerzos de prototipos de reducción de riesgos como medio de aproximarse a la capacidad del satélite en órbita polar.

Las familias de tecnologías que comprenden el satélite en órbita polar son bien conocidas y ya han sido desarrolladas o están en desarrollo.⁹ Esto incluye grandes telescopios y ópticas enfriados de bajo ruido (Telescopio Espacial James Webb de la Administración Nacional de la Aeronáutica y el Espacio - NASA) y sistemas rastreadores de infrarojo (IR) de gran formato (*Space Based Infrared Systems*) protagonizado por tecnología de matriz de plano focal y sistemas de propulsión eléctrica solar como el motor iónico de xenón de la NASA (NEXT), que en 2010 informó de la terminación de una prueba continua de 48.000 horas (5,5 años). Recientes demostraciones de configuraciones solares sobre la estación espacial internacional han reunido datos sobre configuraciones solares grandes para alimentar los motores, llamadas matrices de despliegue solar.

Se estima que el nivel de preparación de tecnología (TRL) del conjunto de plano focal (FPA) es aproximadamente 4, por lo que es necesario hacer avanzar esto primero en un entorno de laboratorio. La propulsión eléctrica solar (SEP), con el impulso específico necesario, está cerca de demostrarse, pero no con el necesario empuje. Informes de la NASA demostraron que NEXT había logrado un TRL de 6.¹⁰ Se han colocado telescopios grandes en el espacio, pero para otras longitudes de onda distintas de las necesarias para esta misión, por lo que la demostración terrestre del telescopio parece prudente. Se recomiendan dos demostraciones de satélites pequeños: una para hacer volar un FPA representativo con un SEP representativo. Este podría estar en una LEO para reducir los costos. Dicha misión ayudaría a resolver cualquier riesgo prolongado asociado con la operación en el entorno espacial, incluida la supresión de oscilaciones y la capacidad de detección mediante la estela de SEP. La segunda demostración espacial pone un pequeño satélite en órbita polar para caracterizar ese entorno y lograr el mantenimiento de la órbita con los conocimientos posicionales necesarios. Entretanto se logra y se prueba la producción del telescopio de escala máxima adecuado para una misión espacial. Aunque los esfuerzos están demostrando un rendimiento de fabricación de FPA adecuado, se puede probar un sistema de vida operacional reducido a escala completa en la órbita polar usando objetivos satelitales reales cuyas órbitas se conocen por medios tradicionales. Este esfuerzo de tecnología in-

tegrado se compartió después con la industria y mejoras al desarrollo conceptual han sido proporcionadas por la industria.

La industria ha considerado que las tecnologías son viables, dentro de la última tecnología avanzada y del horizonte de planificación.¹¹ La industria aconsejó que era necesario añadir tecnologías adicionales de apuntar y ubicar objetos a la lista de tecnologías críticas, debido a las grandes distancias a las que el sensor tendría que identificar con precisión los objetos. Se debe construir una unidad de diseño de ingeniería (EDU) a escala para el telescopio.

Esto incluye los espejos o paneles de espejos, accionadores y algoritmos de control y la estructura del telescopio asociada. Esta EDU debe someterse a pruebas medioambientales completas para demostrar que se puede amortiguar la vibración del componente de empuje constante a nivel del panel, así como para todo el conjunto de espejos. Los espejos pueden enfriarse criogénicamente y sus superficies representarse en un mapa para permitir que los espejos se pulimenten más a la temperatura ambiente a fin de lograr la forma apropiada a la temperatura de la operación diseñada. Después de completar con éxito las pruebas medioambientales de EDU de escala, el telescopio puede considerarse que es de un TRL de 6. Dada la complejidad y el esfuerzo ya demostrados en el telescopio espacial James Webb, se ha obtenido una gran cantidad de conocimiento de ingeniería no recurrente.

Para madurar el sistema de propulsión solar, ponga inicialmente NEXT, o su equivalente, en un pequeño satélite en una LEO, con el apoyo de una carga útil adicional (es decir, el rastreador de IR) para un vuelo de demostración. Se recomienda una órbita de inclinación cuasiecuatorial, que podría requerir motores químicos adicionales para la colocación. Desde esta órbita, la plataforma podría empezar a moverse en espiral al GEO, muy lentamente. Es necesario señalar que esto tardará meses, incluso años. Por el camino, los instrumentos de carga útil suplementarios podrán captar imágenes de satélites para calibrar las capacidades de carga útil óptica y otros elementos de la misión de SSA de órbita polar. Si se busca un método de navegación solar híbrido, se prefiere una órbita síncrona con el sol. Esto permite a la nave espacial navegar por el terminador y evitar eclipses de modo que las configuraciones solares permanezcan iluminadas.

En resumen, este artículo ha proporcionado una cadena de ideas y datos básicos para ilustrar que hay un esfuerzo clave, una SSA persistente, que la nación puede usar para disuadir y si fracasa la disuasión, para imponerse. La industria indica que puede producir un sistema de satélite en órbita polar a un precio asequible y dentro del horizonte de planificación actual. Esta tarea es mucho menos abrumadora que la tarea a la que se enfrentaba el Teniente

General Bernard A. Schriever hace 60 años. Los actuales Guardianes de la Frontera Espacial deben considerar una SSA 100 por ciento persistente, para el dominio de la información, como objetivo valioso y considerar el satélite en órbita polar como un contendiente inestimable para establecer un pedigrí de combate en el espacio y por el espacio. □

Notas

1. Ren, F. Paparozzi y C. Heimach, *The Emerging Threat and the Future Necessity for Space Control [La amenaza emergente y la futura necesidad de control espacial]*, informe a la Secretaría del Directorado de la Fuerza Aérea para Programas Espaciales, Analytical Services, Inc. [Arlington, VA., 1994].

2. Dr. Gene McCall y General de División John A. Corder, USAF, retirado, *New World Vistas: Air and Space Power for the 21st Century [Nuevas vistas del mundo: poder aéreo y espacial para el siglo XXI]* [Tomo de Aplicaciones espaciales] [Washington, DC: Departamento del Consejo de Asesoría Científica de la Fuerza Aérea, 1995], <http://www.au.af.mil/au/awc/awcgate/vistas/vistas.htm>.

3. Robert Martinage, *Toward a New Offset Strategy: Exploiting US Long-Term Advantages to Restore US Global Power Projection Capability (Hacia una nueva estrategia de compensación: explotación de las ventajas a largo plazo de EE.UU. para restaurar la capacidad de proyección del poder global de EE.UU.)* [Washington, DC: Centro para Evaluaciones Estratégicas y Presupuestarias, 2014,] ii, <http://csbaonline.org/research/publications/toward-a-new-offset-strategy-exploiting-u-s-long-term-advantages-to-restore>.

4. Carl von Clausewitz, *Vom Kriege* [De la guerra], editado y traducido por Michael Howard y Peter Paret [Princeton, NJ: Princeton University Press, 1976]; y Sun Tzu, “*El arte de la guerra*”, traducido por Thomas Cleary [Boston: Shambhala Pocket Classics], 1991.

5. Michael I. Handel, *Sun Tzu y Clausewitz: comparación de El arte de la guerra y De la guerra* (Carlisle Barracks, PA: Instituto de Estudios Estratégicos, Colegio de Guerra del Ejército de EE.UU., 1991.)

6. Richard Feynman, Robert B. Leighton y Matthew Sands, *The Feynman Lectures on Physics [Las conferencias de Feynman sobre física]* [Reading, MA: Addison-Wesley Publishing Company, Reading, 1964], 19–1 a 19–14.

7. Laurence Bellagamba, Klaus Biber, Stuart Patterson, David Pirolo y Roberta Ewart, “Science and Technology Roadmaps to Enhance Military Space System Resilience” [Hojas de ruta de ciencia y tecnología para mejorar la resistencia del sistema espacial militar] [conferencia, Congreso y Exposición del Instituto de Aeronáutica y Astronáutica de EE.UU. SPACE de 2016, Long Beach, CA,] 13–16 de septiembre de 2016.

8. Matteo Ceriotti, Jeannette Heiligers y Colin R. McInnes, “Novel Pole-Sitter Mission Concepts for Continuous Polar Remote Sensing” [Conceptos nuevos de misiones de satélites en órbita polar para la detección continua polar remota] [actas del Congreso de SPIE 853, sensores, sistemas y satélites de la próxima generación XVI, 85330P, Edimburgo, RU, 19 de noviembre de 2012,] doi: 10.1117/12.974604.

9. Roberta Ewart, “Government Industry Partnership to Formulate Science and Technology Roadmaps for Persistent Space Situation Awareness” [Asociación del gobierno y de la industria para formular hojas de ruta de ciencia y tecnología para una consciencia de situación espacial] [conferencia, Congreso de AIAA SPACE de 2017, Orlando, FL], 12–14 de septiembre de 2017.

10. Daniel A. Herman, “NASA’s Evolutionary Xenon Thruster [NEXT] Project Qualification Propellant Throughput Milestone: Performance, Erosion y Thruster Service Life Prediction after 450 Kg” [Hito de producción de agente propulsor para el proyecto del motor iónico de xenón [NEXT] de la NASA: predicción de rendimiento, erosión y vida útil de propulsión después de 450 Kg], [conferencia, Centro de Investigación Glenn, Cleveland, OH, noviembre de 2010], <https://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/20110000521.pdf>.

11. Ewart, “Government Industry Partnership” [Asociación del gobierno y de la industria].



Roberta Ewart, PhD, Fuerza Aérea EUA

Ewart es la científica jefa del Centro de Sistemas Espaciales y de Misiles (SMC) del Comando Espacial de la Fuerza Aérea (AFSPC). Entre sus obligaciones se incluye servir como autoridad científica principal y de supervisión técnica para el SMC, apoyar al comandante del SMC en revisiones técnicas, evaluaciones de programas, e investigación y desarrollo, haciendo avanzar el conocimiento de conceptos y tecnologías espaciales para capacidades, planificación, gestión, evaluación y coordinación de estudios y demostraciones de sistemas espaciales de la Fuerza Aérea, y servir como consultora del comandante de AFSPC.