

# La utilidad táctica de sistemas hechos a medida

Dr. Robert E. Smith

*Tenemos que evitar las soluciones que cuestan un millón de dólares para resolver problemas que cuestan cien dólares. Esto no nos pone en ventaja. Esto nos pone en una desventaja económica a nivel estratégico.*

—General David G. Perkins, Comandante del Comando de Adiestramiento y Doctrina del Ejército (TRADOC)

El Ejército tradicionalmente ha sido equipado para enfrentar lo que se anticipa, pero ganar en el mundo complejo de hoy en día requiere estar preparado para luchar contra un enemigo desconocido. Los futuros enemigos tendrán acceso a tecnologías comercialmente disponibles que previamente solo los grandes Estados nación podían comprar. Mientras tanto, los grandes Estados nación pueden duplicar o robar las inversiones de alta tecnología de EUA a una fracción del costo de la investigación. Por ejemplo, China rápidamente duplica las innovaciones de la Agencia de Proyectos Avanzados de Investigación del Departamento de Defensa (DARPA) y otras de EUA, frecuentemente mejorando los diseños. Pueden encontrarse pruebas de tales actividades en las reproducciones del robot Big Dog y aeronaves no tripuladas (*drone*) tipo Switchblade lanzadas de tubo<sup>1</sup>. Estados Unidos ya no puede gastar miles de millones de dólares para desarrollar la próxima tecnología *stealth* y anticipar beneficios por veinte años; esa inversión probablemente no dará muchos resultados.

En el presente artículo, se analiza el concepto de combinar ambientes virtuales y la fabricación rápida para crear pertrechos militares hechos a medida específicos para una región o aún una batalla. El Ejército necesita un proceso poderoso de innovación para tener

el cálculo de rentabilidad de nuevo a favor de Estados Unidos e incrementar radicalmente la tasa de innovación de pertrechos militares.

En la década de los años 70 del siglo XX, Estados Unidos optó por compensar la superioridad numérica en los medios blindados de la Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas por medio de la diferenciación tecnológica (el desarrollo de armas con capacidades superiores). Esto llevó al desarrollo del tanque Abrams y el vehículo de combate Bradley (junto con las municiones de precisión y tecnología *stealth*). Sin embargo, mientras cambiaba el mundo a lo largo de los años, aún se esperaba que estos vehículos funcionaran de manera intercambiable en cualquier parte donde se necesitaran.

A pesar de un mundo cambiado, el equipamiento aún debe proporcionar las capacidades máximas a los combatientes. Sin embargo, la multiplicidad de misiones que han surgido ha resultado en el desarrollo de sistemas excesivamente *especificados y delicados* que requieren avances tecnológicos extraordinarios (y caros). El Programa del Vehículo de Combate Terrestre (GCV), recientemente cancelado, proporciona un ejemplo excelente de un sistema delicado. Entre los requisitos del GCV figuraban una tripulación de tres soldados, espacio para llevar a nueve soldados de infantería y altos niveles de protección y letalidad—todos combinados en una plataforma individual. El resultado fue un vehículo de 75 a 85 toneladas, tácticamente horrible, que hubiera requerido avances tecnológicos extravagantes para poder ser útil.

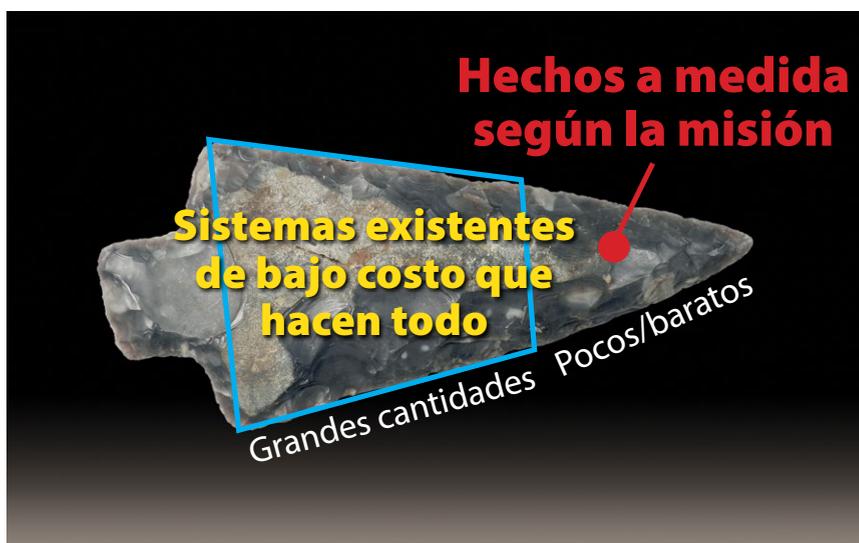
A diferencia de los sistemas exquisitos, los sistemas hechos a medida se centran en funciones y áreas geográficas específicas, e incluso enfrentamientos

específicos. Un enfoque estrecho permite un alto rendimiento sin el desarrollo innecesario de tecnologías extravagantes y costosas cuya meta es satisfacer demasiados requisitos.

La amplia gama de posibles ambientes operativos que el Ejército puede encontrar requiere vehículos con capacidades correspondientes. Por ejemplo, una solución para el tipo de vehículos en una megaciudad puede ser vehículos pequeños, parecidos a los manejados por la población del lugar. Por otra parte, un vehículo de pantano o de entrada anfibia tal vez necesite un sistema de propulsión de hélices, y en un ambiente desértico, requiera otro tipo de solución. La modularidad de componentes puede ser posible en todas estas plataformas, pero la estructura del casco probablemente tendrá que ser hecha a la medida.

Puesto que el Ejército cada vez más se convierte en una fuerza expedicionaria con base en el territorio continental de EUA, dondequiera que nos despluguemos, los actores regionales ya tendrán la ventaja de estar familiarizados con el terreno, incluyendo equipamiento adaptado al ambiente operativo. Por ejemplo, el tanque tipo K1 surcoreano es similar al tanque tipo M1 de EUA, salvo un sistema de suspensión hidroneumática, que incrementa los ángulos disponibles de elevación y depresión del cañón. Los ángulos incrementados proporcionan un alcance de fuego vertical mayor, una ventaja importante en las áreas urbanas densas y los terrenos montañosos que las rodean. Estados Unidos necesita este tipo de pertrechos militares hechos a medida para automáticamente tener una superioridad de capacidades sobre los sistemas enemigos.

En lugar del planteamiento actual de adquisición que busca una única solución para todo, dado que las plataformas luchan en formaciones, la punta de lanza del futuro (véase la figura 1) podría ser «afilada» de modo barato a través del despliegue de un pequeño número de sistemas bastante hechos a medida que se desempeñan excepcionalmente bien en un limitado conjunto de misiones. Es posible también que un



(Gráfico: Dr. Robert E. Smith)

**Figura 1. Cómo los sistemas hechos a medida, según la misión o región, funcionan mejor que los sistemas delicados que «hacen todo» a un costo más bajo**

pequeño número de pertrechos adaptados a una región específica puedan ser diseñados y desplegados.

Este proceso, capaz de producir rápidamente soluciones hechos a medida y específicas, sería difícil de duplicar por nuestros enemigos porque esto requiere una gran organización e inversión de capital. El proceso crearía una ventaja asimétrica para nuestras fuerzas que la mayoría de nuestros adversarios no podría responder fácilmente.

En el mejor de los casos, la fabricación rápida podría crear un sistema de adquisición que produce pertrechos militares específicos a un costo suficientemente bajo para hacer descartable el equipamiento. Puede realizarse una mayor reducción de gastos a través de la modernización de medios existentes del Ejército, tales como los vehículos de ruedas multiuso de alta movilidad (HMMWV) que operan bajo niveles de protección inadecuados para misiones tripuladas, con accesorios de autonomía que permite que la plataforma funcione sin un operador humano en el vehículo. Tales nuevos sistemas autónomos podrían cumplir misiones rutinarias y peligrosas.

Otra ventaja de los sistemas hechos a medida es que obligarán al enemigo a lidiar con una variedad de medios desconocidos de EUA, tal vez vistos por primera vez. Puesto que la protección y letalidad serán desconocidas para el enemigo, será asimétricamente difícil



(Foto: Textron AirLand, LLC)

Un avión tipo Scorpion, de Textron AirLand Armored, en vuelo, noviembre de 2014. Concebido como un avión de apoyo aéreo cercano (CAS) en un ambiente con baja amenaza de defensa antiaérea, se construyó el Scorpion en 23 meses, desde el concepto inicial hasta el primer vuelo, con componentes comercialmente disponibles, y un costo de aproximadamente US\$ 20 millones. Su costo de operación es de casi US\$ 3000, comparado con los casi US\$ 18 000 para un avión tipo F-16, haciendo la misma misión de CAS.

que ellos puedan desarrollar tácticas, técnicas y procedimientos de manera oportuna o material bélico para contrarrestar eficazmente estas nuevas capacidades.

Por más de una década, el Ejército ha promocionado la modularidad como una panacea para lograr la adaptabilidad y flexibilidad de sistemas. Sin embargo, la experiencia ha mostrado que cuando algo es modular, agrega algún tipo de peso o complejidad de interfaz. Por el contrario, un sistema específicamente construido siempre tendrá mayor rendimiento que un sistema modular por esta razón. La desventaja de un sistema específicamente construido es que carece de una capacidad adaptable inherente y las modalidades para lidiar con condiciones desconocidas. Una solución óptima probablemente sería una combinación de modularidad y adaptación.

## Ejemplos de sistemas hechos a medida del mundo real

Ejemplos históricos excelentes de sistemas hechos a medida fueron aquellos desarrollados para la fase de asalto anfibio de la invasión del Día D en Normandía, Francia, en la Segunda Guerra Mundial<sup>2</sup>. El asalto fracasado de los Aliados en Dieppe, Francia, en agosto de 1942, demostró cuán difícil fue desembarcar vehículos o soldados en una invasión anfibia<sup>3</sup>. Una lección clave aprendida del fracaso en Dieppe fue que se necesitaban medios blindados especializados para cruzar la arena blanda y los obstáculos en la playa. El general de división británico Sir Percy Cleghorn Stanley Hobart fue responsable del desarrollo de vehículos de combate blindados especializados (los «Funnies de Hobart») para superar estos obstáculos. Aplicando las lecciones

aprendidas de la experiencia de Dieppe, él desarrolló equipamiento y tácticas que no sólo mejoraron los diseños existentes, sino que también crearon tecnologías completamente nuevas. Estos vehículos excepcionales fueron facilitadores clave que permitieron que las fuerzas aliadas penetraran las defensas costeras para realizar un desembarco exitoso.

Un ejemplo más reciente es el avión de caza ligero de ataque Scorpion<sup>4</sup>. La empresa Textron AirLand dio a conocer el avión Scorpion en la Conferencia de Aire y Espacio de 2013 de la Asociación de la Fuerza Aérea. Los aviones Scorpion cuestan aproximadamente US\$ 20 millones cada uno. Fue fabricado de componentes comercialmente disponibles y fue del concepto inicial hasta el primer vuelo en 23 meses. Compare esto con el delicado avión F-35 Lightning, que comenzó en el tablero de dibujo a principios de la década de los años 90 del siglo XX y costó aproximadamente US\$ 157 millones cada uno. Sin lugar a dudas, el Scorpion y el F-35 no es una comparación justa, sin embargo, una comparación de los dos enmarca el problema.

Bill Anderson, presidente de Textron AirLand, ofreció una comparación más detallada, observando que, actualmente, Estados Unidos usa el súper avión F-16 en misiones de baja prioridad en Afganistán<sup>5</sup>. «No hay una amenaza de aire-aire allí. Gastan US\$ 18 000 por hora usando los F-16. Están malgastando la utilidad del avión en misiones para las cuales no fue diseñado», dijo Anderson<sup>6</sup>. En cambio, Textron proyecta el costo de operación de un avión Scorpion en US\$ 3000 por hora.

## Mecanismos habilitadores

Si bien los sistemas hechos a medida ofrecen muchas ventajas, se crean nuevos desafíos cuando hay una gran variedad de sistemas de dicha naturaleza,



(Foto: Sgto. J. Mapham, fotógrafo oficial de la Oficina de Guerra, Museo Imperial de Guerra [H 37859])

Un instalador de alfombra Tipo C Marca II «Bobbin», uno de los Vehículos Blindados de los Ingenieros Reales (AVRE) durante la presidencia de Churchill, prepara el terreno para el pasaje de vehículos blindados sobre playas blandas en preparación para los desembarcos en Normandía, en el Día D, que tomarían lugar el 6 de junio de 1944. Este vehículo fue una de varias soluciones adaptadas para garantizar que los medios blindados invasores no se atascaran en la arena, desarrolladas bajo la dirección personal del general de división británico Sir Percy Cleghorn Stanley Hobart.

especialmente en la logística, adiestramiento y mantenimiento. El capitán Eric Elsmo proporciona un ejemplo del despliegue de un sistema hecho a medida y modular:

«Un tanque, o cualquier otra forma de equipamiento modular, que no es parte de la primera ola de una fuerza de combate, no necesariamente estaría equipado según el estándar para una unidad que se despliega. En el proyecto de Ejército Después del Próximo, podría específicamente desarrollarse el equipamiento modular para la contingencia y montarse durante el tránsito. El chasis puede venir de un lugar, mientras la torreta puede ser enviada de otro, con los dos siendo combinados en el teatro de operaciones. Entonces,

el nuevo medio blindado podría ser empleado en el impulso de logística o fase de reequipamiento de la operación»<sup>7</sup>.

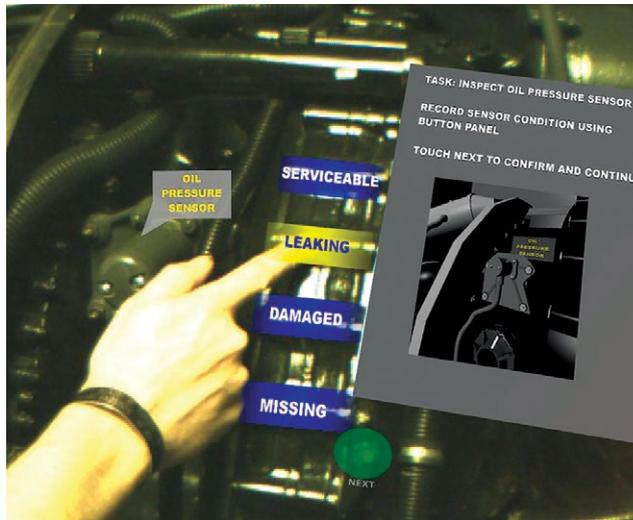
**Mantenimiento y repuestos.** En cuanto al mantenimiento, un elemento clave es desarrollar una base de datos de fabricación digital con un buen seguimiento de los repuestos. Con la llegada de la impresión y fabricación digital tridimensional (3D), puede adquirirse un nuevo repuesto tan fácilmente como escanear un código de barras y pulsar imprimir. El concepto de fabricación en posiciones avanzadas no es completamente nuevo en el Ejército. El Centro de Investigación, Desarrollo e Ingeniería Automotriz de Tanques del Ejército de EUA había desplegado un «hospital» móvil de repuestos en el pasado, el equivalente automotriz a una unidad de hospital quirúrgico móvil del Ejército<sup>8</sup>. La Fuerza de Aprovisionamiento Rápido de Equipamiento del Ejército comenzó a desplegar unidades de laboratorio expedicionarias en 2013, que incluye impresoras tridimensionales, máquinas de fresado asistido por computadora, herramientas de corte de láser, plasma y con chorro de agua, junto con otras herramientas comunes tales como sierras y equipamiento de soldadura<sup>9</sup>. Muy pronto, la industria llegará al punto donde aún las estructuras estáticas, tales como edificios, podrán ser fabricadas con una impresora tridimensional<sup>10</sup>.

**La realidad aumentada para el mantenimiento y reparación.** Actualmente, para hacer sus trabajos, los mecánicos dependen de su experiencia con el

equipamiento, grandes manuales y memorización de muchos de los procedimientos de mantenimiento. Con las nuevas capacidades de fabricación en posiciones avanzadas, las gafas de realidad aumentada pueden proporcionar instrucciones sistemáticas a los mecánicos sobre cómo reparar el equipamiento y cuáles herramientas usar mientras llevan a cabo los procedimientos de mantenimiento<sup>11</sup>.

**La reducción de adiestramiento.** Con el fin de compensar el adiestramiento, imagine un soldado futuro que entra en su vehículo e inserta su tarjeta de acceso común. Primero, el asiento se ajusta automáticamente. Entonces, la pantalla de conducción se llena con las aplicaciones a la medida del soldado, parecido a una pantalla de teléfono inteligente. La pantalla solo indica las armas disponibles para las cuales el soldado ha calificado. Las pantallas también pueden ayudar a los soldados

comprender los parámetros de rendimiento de los vehículos. Por ejemplo, una línea puede aparecer en el terreno mediante la pantalla que muestra el grado máximo de viraje del vehículo sin un volcamiento. Toda esta funcionalidad podría seguir un soldado, sin importar en qué tipo de vehículo se monte, haciendo inconsecuente un requerimiento de adiestramiento extenso.

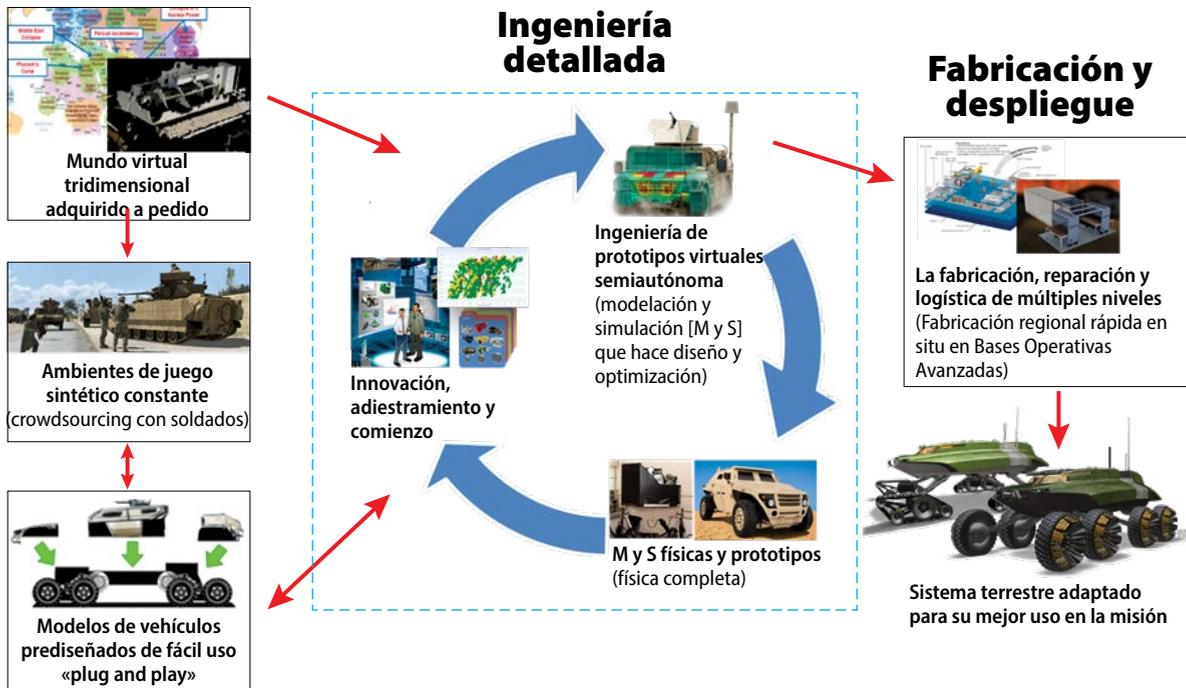


(Foto: Steve Henderson, Computer Graphics and User Interface Lab, Universidad de Columbia)

**Arriba:** Un dispositivo de rastreo de Realidad Aumentada para Mantenimiento y Reparación (ARMAR) guía a un mecánico, con el aparato en su cabeza, para que cumpla una tarea de mantenimiento dentro de un vehículo blindado de transporte tipo LAV-25A1.

**Abajo:** Un usuario manipula botones virtuales tridimensionales mientras recibe retroalimentación táctil de las ranuras subyacentes de una sección de compresión de un motor.

## Ambiente de diseño inmersivo tridimensional colaborativo



(Gráfico: Dr. Robert E. Smith)

**Figura 2. El proceso de Ingeniería de Sistemas SE2025 para los sistemas terrestres**

**Desarrollo temprano de prototipos sintéticos.** La iniciativa de desarrollo Prototipos Sintéticos al Principio (ESP) del Centro de Integración de Capacidades del Ejército ofrece una metodología viable para determinar cuál es la mejor combinación de tácticas y pertrechos militares en varios escenarios<sup>12</sup>. El ESP permite que miles de soldados adapten las tácticas, estrategias, estructuras de fuerza y pertrechos de guerra a su manera para minimizar los costos mientras maximizan la eficacia de misión. De esta manera, el ESP podría tener el potencial de aprovechar el flujo libre de ideas entre los tecnólogos, oficinas de programa y los soldados para identificar y evaluar los conceptos al principio de la fase de diseño en un momento cuando los costos son bajos.

### El uso de juegos es parte del proceso

El uso de juegos no es nuevo en el Ejército. Lo que es único del ESP es el concepto de comenzar un experimento en curso y lograr el acceso a las experiencias y capacidades mentales de miles de soldados. Los jugadores de ESP pueden ser cualquier persona, desde un soldado raso recientemente egresado del entrenamiento

básico hasta un veterano con treinta años de experiencia extensa en el combate. Dada la gran necesidad de Estados Unidos de implementar innovación en los procesos de adquisición y respuestas ágiles en las compras, el proceso de ESP podría abrir el camino para una nueva «revolución en asuntos militares»<sup>13</sup>. En el Informe de la Comisión del 11-S, se declaró que: «La imaginación no es un regalo normalmente relacionado con las burocracias... Por lo tanto, es crucial encontrar una manera de hacer rutinario, aún burocratizar, el ejercicio de la imaginación»<sup>14</sup>.

En la figura 2, se muestra un proceso futuro hipotético que usa los juegos de guerra virtuales con la fabricación rápida para adaptar los sistemas y estructuras de fuerza<sup>15</sup>. El punto de entrada del proceso comienza con el ESP (centro izquierda) que permite que miles de soldados pongan las capacidades a prueba<sup>16</sup>. Los soldados concentrarán su pericia colectiva para diseñar vehículos en colaboración con los ingenieros mientras simultáneamente optimizan la mejor doctrina, incluyendo la estructura de la fuerza. De esta manera, los soldados podrán modificar los vehículos en un mundo sintético antes de que empiece la producción y pueden observar

cómo sus modificaciones se comparan con los objetivos reales de una misión. Hay una alta probabilidad que incluso escenarios en tiempo real serán ensayados mediante el uso de vehículos aéreos no tripulados y satélites para crear instantáneamente ambientes geo-específicos, según lo mostrado en la parte superior izquierda de la figura 2.

A fin de evitar abrumar a los usuarios con las opciones de las combinaciones infinitas de tecnologías y modelos de los vehículos, los módulos de capacidades se desarrollarán en los ambientes de

juego según lo mostrado en el extremo inferior izquierdo de la figura 2. Entre estos, los modelos de vehículos serán las configuraciones preferidas de los módulos y tecnología que la «multitud» de soldado-jugadores concluye proporcionan una eficacia robusta para la misión. Se desarrollarán estos modelos mientras los usuarios compartan información y se aprovechen de las mejores ideas.

El ambiente de juego ayudará a proporcionar información a la investigación en el espacio de juego (*tradespace*), produciendo una nueva métrica de *utilidad táctica*, que medirá las estadísticas de eficiencia de combate de varias soluciones en múltiples escenarios. Dejando que los soldados prueben los sistemas virtuales en varias operaciones permitirá que los administradores de programa comparen la versatilidad y utilidad táctica con los costos, horarios y riesgos.

## La preparación de tecnología para la impresión tridimensional de vehículos

El desarrollo del primer vehículo militar producido por el trabajo colaborativo en masa (*crowd-sourcing*) — el Fypmode de la Agencia de Proyectos Avanzados de Investigación de Departamento de Defensa (DARPA)



(Foto: Pete Souza, [www.whitehouse.gov](http://www.whitehouse.gov))

El presidente Barack Obama y vicepresidente Joe Biden examinan un coche Shelby Cobra, construido mediante la impresión tridimensional con fibra de carbón, durante una visita a la empresa Techmer Polymer Modifiers en Clinton, estado de Tennessee, 9 de enero de 2015.

y Local Motors— nos da una muestra del potencial de la competencia de ingeniería SE2025<sup>17</sup>. Jay Rogers, fundador de la empresa Local Motors, destaca que se ganan los conflictos no con el gasto de extensas cantidades de tiempo y miles de millones de dólares, sino que «ellos ganan los conflictos porque descubren lo que va a derrotar al enemigo y lo construyen»<sup>18</sup>. Agrega Rogers, «Tal vez no hicimos las mismas mejoras que hizo [el contratista], asegurándose que el puntal del amortiguador en el vehículo durara hasta un millón de millas. Pero si salva una vida y dura todo el conflicto, ¿no hemos hecho algo mejor?»

Se mostró el vehículo Fypmode al presidente Barack Obama, que solo tomó cuatro meses para producir, y él, con entusiasmo, observó:

«Esto no solo podría cambiar la manera en la que el gobierno usa el dinero público —piense en este concepto, en lugar de tener un tiempo de entrega de diez años para desarrollar una pieza de equipamiento, si pudiéramos aumentar el ritmo de la fabricación, esto ahorraría miles de millones de dólares del dinero público— también podría entregar la tecnología al teatro más rápidamente, lo que podría salvar vidas<sup>19</sup>.

Los desarrollos más recientes en vehículos impresos por medios tridimensionales debutaron en la Exhibición Internacional de Automóviles de 2015 en Detroit, estado de Michigan. Los Laboratorios Nacionales de Oak Ridge y Local Motors colaboraron para imprimir una réplica de un vehículo Shelby Cobra y un Strati, respectivamente<sup>20</sup>. Dado que

Rogers sostiene que el material reforzado de fibra de carbón tiene características balísticas, el próximo paso lógico sería una inversión por parte de DARPA en un proyecto para determinar si los vehículos terrestres blindados impresos tridimensionalmente pueden ser producidos para resistir las amenazas balísticas y las que provienen desde abajo. Puede ser posible integrar losas y platos blindados en la carrocería, construir compartimientos para llenar con materiales expedientes tales como la arena, o proporcionar otras innovaciones. Actualmente, la desventaja más grande en la tecnología de impresión tridimensional es que es difícil garantizar la calidad de las partes porque cada máquina y proceso producen partes con un estándar de precisión distinto. Sin embargo, eso no debe presentar un desafío insuperable.

## Conclusión

Ganar en un mundo complejo requiere un nuevo proceso de investigación, desarrollo y adquisición para aumentar la tasa de innovación mientras se



(Foto: cortesía de Wikipedia)

El Strati de Local Motors es el primer coche eléctrico impreso tridimensionalmente del mundo, mostrado aquí el 20 de septiembre de 2014. Lleva mucho menos tiempo para imprimir un Strati y tiene un acabado más áspero.

reducen los costos. Los sistemas hechos a medida podrían proporcionar tal capacidad a un precio más bajo, permitiendo diseños especializados para regiones o posiblemente batallas específicas. Se logra más utilidad por medio del uso máximo de la modularidad para que los sistemas se adapten. La misma naturaleza de este tipo de vehículo requiere un proceso ágil de ingeniería y fabricación de sistema que anticipa muchos escenarios con antelación.

El uso constante de juegos sintéticos ayuda a lograr esto de manera rentable mientras simultáneamente se considera tanto la táctica como la tecnología. La inversión en un nuevo proceso, como ha sido descrito en el presente artículo, puede proporcionar mayor rendimiento del dinero público que invertir en la tecnología cruda. ■

*Nota de la redacción: Segmentos del presente artículo previamente fueron publicados en un artículo para la Conferencia Mad Scientist en el Fuerte Leavenworth, estado de Kansas, celebrada el 27 y 28 de octubre de 2015.*

*El Dr. Robert E. Smith es un ingeniero de investigación en la sección Analítica del Centro de Investigación, Desarrollo e Ingeniería Automotriz de Tanques del Ejército de EUA. Cuenta a su haber con un doctorado en Ingeniería Mecánica de la Universidad Tecnológica de Michigan. Su investigación incluye el aprendizaje de máquinas, extracción de datos de patrones de conducta, ingeniería de sistemas y fluidos computacionales. Smith ha trabajado en Ford Motor Company, Whirlpool Corporation y General Dynamics Land Systems.*

## Referencias bibliográficas

**Epígrafe.** Joe Gould, «Army Seeks Faster, Better Focused Acquisition», sitio web de Defense News, 31 de marzo de 2015, accedido 12 de mayo de 2016, <http://www.defense-news.com/story/defense/show-daily/ausa/2015/03/31/army-doctrine-acquisition-ausa/70717520/>.

1. Jeffrey Lin y P.W. Singer, «'Da Gou,' China's Own Big Dog Robot», sitio web de *Popular Science*, 5 de septiembre de 2014, accedido 12 de mayo de 2016, <http://www.popsci.com/blog-network/eastern-arsenal/da-gou-chinas-own-big-dog-robot>; News Desk, «Chinese Combat Recce Vehicle Displayed with Copies of U.S. Killer Micro-Drones», sitio web de Defense Update, 13 de noviembre de 2014, accedido 12 de mayo de 2016, [http://defense-update.com/20141113\\_chinese-combat-recce-vehicle-displayed-with-copies-of-us-killer-micro-drones.html](http://defense-update.com/20141113_chinese-combat-recce-vehicle-displayed-with-copies-of-us-killer-micro-drones.html).
2. Jessica Talarico, «The 'Funny' Tanks of D-Day», sitio web del Imperial War Museum, accedido 12 de mayo de 2016, <http://www.iwm.org.uk/history/the-funny-tanks-of-d-day>.
3. Julian Thompson, «The Dieppe Raid», sitio web de la BBC, modificada por última vez 30 de marzo de 2011, accedido 12 de mayo de 2016, [http://www.bbc.co.uk/history/worldwars/wwtwo/dieppe\\_raid\\_01.shtml](http://www.bbc.co.uk/history/worldwars/wwtwo/dieppe_raid_01.shtml).
4. Russell Hotten, «Farnborough Airshow: The Scorpion in Search of a Customer», sitio web de la BBC News, 15 de julio de 2014, accedido 12 de mayo de 2016, <http://www.bbc.com/news/business-28260781>.
5. *Ibíd.*
6. *Ibíd.*
7. Eric Elsmo, «Modular Design for Future Logistics», *Army Logistician* 31(3) (mayo-junio de 1999): p. 25, accedido 12 de mayo de 2016, <http://www.alu.army.mil/alog/1999/mayjun99/pdf/mayjun1999.pdf>.
8. Meg Williams, «Moving Technology Forward—Mobile Parts Hospital Manufactures Replacement Parts in Kuwait», *Army AL&T* (marzo-abril de 2004), págs. 50–53, accedido 12 de mayo de 2016, [http://www.cleggind.com/50\\_Moving\\_Technology\\_Forward.doc.pdf](http://www.cleggind.com/50_Moving_Technology_Forward.doc.pdf).
9. David J. Hill, «3D Printing on the Frontlines—Army Deploying \$2.8M Mobile Fabrication Labs», sitio web de Singularity Hub, 28 de febrero de 2013, accedido 12 de mayo de 2016, <http://singularityhub.com/2013/02/28/3d-printing-on-the-frontlines-army-deploying-2-8m-mobile-fabrication-labs/>.
10. «Contour Crafting: Robotic Construction System», sitio web de la University of Southern California, sin fecha, accedido 12 de mayo de 2016, <http://contourcrafting.org/>.

11. Steve Henderson y Steven Feiner, «Augmented Reality for Maintenance and Repair (ARMAR)», sitio web del Columbia University Computer Graphics & User Interfaces Lab, accedido 12 de mayo de 2016, <http://monet.cs.columbia.edu/projects/armar/>.
12. Brian Vogt, «ARCIC to Leverage Early Synthetic Prototyping to Shape the Future Army», sitio web del Army Capabilities Integration Center, 26 de noviembre de 2013, accedido 12 de mayo de 2016, <http://www.arcic.army.mil/Articles/cld-ARCIC-to-Leverage-Early-Synthetic-Prototyping-to-Shape-the-Future-Army.aspx>.
13. Scott Stephenson, «The Revolution in Military Affairs: 12 Observations on an Out-of-Fashion Idea», *Military Review* 90(3) (mayo-junio de 2010): págs. 38–46.
14. Thomas Kean y col., *The 9/11 Commission Report*, National Commission on Terrorist Attacks upon the United States (22 de julio de 2004): p. 344, accedido 12 de mayo de 2016, <http://www.9-11commission.gov/report/>.
15. Robert E. Smith y Brian D. Vogt, *A Proposed 2025 Ground Systems "Systems Engineering" Process* (Fuerte Belvoir, Virginia: Defense Acquisition University, 2014), accedido 12 de mayo de 2016, <http://oai.dtic.mil/oai/oai?verb=getRecord&metadataPrefix=html&identifier=ADA608885>.
16. *Ibíd.*
17. «SE2020: 2025 Small Business Competition», sitio web de la Federal Aviation Administration (FAA), accedido 12 de mayo de 2016, [http://www.faa.gov/about/office\\_org/headquarters\\_offices/ang/offices/management/se2020/sbc/](http://www.faa.gov/about/office_org/headquarters_offices/ang/offices/management/se2020/sbc/). La SE2025 es una competencia de ingeniería de sistemas de microempresas patrocinada por la FAA que concede contratos en apoyo del Sistema de Transporte Aéreo de Próxima Generación y otros programas de la FAA.
18. Rebecca Boyle, «How the First Crowdsourced Military Vehicle Can Remake the Future of Defense Manufacturing», sitio web de *Popular Science*, 30 de junio de 2011, accedido 12 de mayo de 2016, <http://www.popsci.com/cars/article/2011-06/how-first-crowdsourced-military-car-can-remake-future-defense-manufacturing>.
19. Rebecca Boyle, «Obama Announces \$500 Million Investment in Robots and Other Advanced Manufacturing Tech», sitio web de *Popular Science*, 24 de junio de 2011, accedido 12 de mayo de 2016, <http://www.popsci.com/technology/article/2011-06/robots-and-other-advanced-manufacturing-tech-gets-500-million-boost-obama>.
20. Brian Krassenstein, «ORNL 3D Prints Working Shelby Cobra Replica—President Obama Approves», sitio web de *3DPrint.com*, 10 de enero de 2015, accedido 12 de mayo de 2016, <http://3dprint.com/36433/3d-printed-shelby-cobra/>.