

02/2020

27 de enero de 2020

José Luis Aznar Lahoz

La robótica en la guerra del futuro

[Visitar la WEB](#)

[Recibir BOLETÍN ELECTRÓNICO](#)

La robótica en la guerra del futuro

Resumen:

La conexión entre robótica e Inteligencia Artificial origina un giro tecnológico que está cambiando el modo de vida del ser humano. El siglo XX ha supuesto una revolución tecnológica extraordinaria. La Inteligencia Artificial y la robótica alcanzarán competencias superiores a las del humano. Evidentemente, los cometidos de carácter militar también están incluidos. Esto supone un grave problema ético y moral, permitiendo a las máquinas tomar la decisión de matar, o no. Esto dependerá del grado de autonomía de estos ingenios. El máximo grado de autonomía supone que el arma selecciona el objetivo, lo adquiere y lo combate sin intervención humana.

Así, la máquina debe interpretar qué es lo que ocurre a su alrededor, utilizando un hardware de bajo coste, pero muy robusto. Existen diferentes robots, específicos para cada tarea, capaces de trabajar por tierra, mar y aire. Las tareas que pueden desempeñar son muy diversas, desde carga de material, exploración, inteligencia, reconocimiento e incluso ataque.

Finalmente, existe una gran preocupación acerca de los Sistemas de Armas Letales Autónomas. Desde la Convención sobre Ciertas Armas Convencionales (CCW, por sus siglas en inglés) se están realizando esfuerzos para prohibirlas o regularlas. En el momento actual, no se ha llegado a conclusiones definitivas.

Palabras clave:

Robot, Inteligencia Artificial, Armas Autónomas Letales, dron, Convención sobre Ciertas Armas Convencionales, Vehículo Aéreo no Tripulado.

***NOTA:** Las ideas contenidas en los *Documentos Marco* son responsabilidad de sus autores, sin que reflejen necesariamente el pensamiento del IEEE o del Ministerio de Defensa.

Robotics in the war of the future

Abstract:

The connection between robotics and Artificial Intelligence is leading us towards a technological turning that is already changing humanity's way of life. An extraordinary technological revolution took place during the 20th century. Robotics and artificial intelligence will reach superhuman competencies.

Obviously, military endeavours are also included in these tasks. This involves an ethical, and moral, dilemma, allowing machines free will regarding killing or sparing a human being. This will depend on the degree of autonomy these AI can reach. Maximum autonomy implies the intelligent weapon selecting, acquiring and acting upon a target without any human intervention.

So, the machine must be able to interpret everything that happens around it, using low cost hardware, but very robust. Military robots with specific tasks are already in use in naval, air and ground forces. These tasks are wide ranging, from loading of materials to exploration, intelligence, reconnaissance and even offensive tasks.

Finally, there is a growing concern regarding Lethal Autonomous Weapons (LAWs). From the Convention on Certain Conventional Weapons (CCW) there has been a push to ban, or at least regulate, these weapons. Currently, no definitive conclusions have been reached yet.

Keywords:

Robot, Artificial Intelligence, Lethal Autonomous Weapons, drone, Convention on Certain Conventional Weapons, Unmanned Aerial Vehicle.

Cómo citar este documento:

AZNAR LAHOZ, José Luis. *La robótica en la guerra del futuro*. Documento Marco IEEE 02/2020 [enlace web IEEE](#) y/o [enlace bie³](#) (consultado día/mes/año)

Introducción

En el instante que se utiliza la expresión «sistemas de armas autónomos letales» o su otra denominación de «robots asesinos», vienen a la mente las imágenes de la película del director James Cameron, *Terminator*, en la que, en 1984, Arnold Schwarzenegger interpretaba un ciborg asesino enviado a través del tiempo desde el año 2029 a 1984, siendo capaz, él solo, de destruir a la totalidad de la raza humana. En ese año, 2029, donde existían millones de «seres» iguales al protagonizado por Schwarzenegger, y de los que el hombre había perdido su control, no siendo capaz de gobernarlos, la raza humana corría un serio problema de extinción.

Como puede comprender el lector esto es únicamente ficción, ¿o no? ¿realmente es ficción y no una realidad?

Hoy en día, podemos asegurar que estas máquinas no existen, pero no por ello resulta menos cierto que estamos mucho más cerca de crearlas. Es más, tecnología que haga posible su concepción ya existe, quizá no tan desarrolladas como las de la película de Cameron, pero sí una primera aproximación. Como bien sabemos, alcanzar un mayor grado de perfección no es más que cuestión de tiempo, dedicación y estudio.

En este sentido, el rey Felipe VI, en su intervención en la reunión anual del Consejo Científico del Real Instituto Elcano, celebrada en el mes de mayo en el Palacio Real de la Granja de San Ildefonso en Segovia, aseguró que «la sociedad está afrontando un cambio de era» debido a «la cuarta revolución industrial» que está motivando los avances tecnológicos y fenómenos como la Inteligencia Artificial (IA) o la robótica¹.

Recientemente, durante el mes de julio, ha sido publicado un artículo por el periódico *La Razón*², informando que una pequeña empresa de ingenieros andaluces había desembarcado en las grandes plantaciones de fresas de California tras ganar el Open Mind Award de la Junta de Andalucía. ¿Su logro? El desarrollo y construcción de Agrobot SW 6010, una cosechadora de fresas capaz de recoger de la mata la fresa que está madura, delicadamente y sin tocarla, y dejar la que está verde. Para ello, cuenta con 30

¹ Agencia EFE, 6 mayo 2019. [En línea]. Disponible en: <https://www.efe.com/efe/castillayleon/sociedad/el-rey-comparte-que-la-sociedadafrenta-un-cambio-de-era-por-tecnologia/50000473-3969279#> [Último acceso: 30 mayo 2019].

² FERNÁNDEZ, M. "El robot español que cosecha las fresas de California sin tocarlas", INNOVADORES by Inndux. *La Razón*, p. 1, 7 julio 2019.

brazos robóticos que incorporan una cámara de visión artificial. Esta recopila entre 10 y 30 imágenes por segundo y, mediante un algoritmo informático, selecciona la fruta. «La Inteligencia Artificial es quien selecciona la fruta que se debe cosechar. La robótica quien corta el tallo de la fruta y lo deposita en una cinta transportadora».

Como se verá más adelante, el éxito de la robótica reside en la sencillez. No se precisa de alta tecnología, pero sí de robustez y materiales que puedan ser reemplazados fácilmente, además de disfrutar de una importante capacidad de resiliencia, «adaptación frente a un agente perturbador o un estado o situación adversos», especialmente si su trabajo se realiza de forma aislada como en otro planeta o en un ambiente nuclear. En el caso de Agrobot SW 6010, los brazos robóticos son independientes entre sí, por lo que la máquina puede seguir trabajando, aunque tenga algún fallo.

Con ejemplos como el descrito y otros muchos que existen en la actualidad, podemos asegurar que estos dos fenómenos tecnológicos, la IA y la robótica, caminan de la mano. Como se ha descrito, para sistemas con mayor nivel de decisión, son complementarios; pero también tienen identidad propia por separado, aplicando la IA a sistemas que no son robots, y robots no inteligentes, como los industriales, que no precisan de inteligencia.

Si esta capacidad tecnológica existe actualmente, ¿qué impide entonces que el ser humano, las distintas naciones que poseen una suficiencia científica e investigadora capaz de generar estos ingenios, se lancen en una carrera tecnológica desenfrenada? La respuesta quizá la encontremos en la situación política, económica, social, militar y científica vivida —y sufrida— por la humanidad en las más de cuatro décadas que duró la Guerra Fría, hecho que supuso un enfrentamiento entre los dos bloques en los que se dividió el mundo, liderados por Estados Unidos y la Unión Soviética, respectivamente, bajo la intimidación mutua de un posible conflicto bélico nuclear global.

Gran parte de las organizaciones políticas internacionales actuales advierten del potencial peligro que estos sistemas pueden suponer para el devenir de la geoestrategia global mundial y la subyacente amenaza de revivir aquellos tiempos nuevamente. Como se verá al final de este artículo, este hecho está retrayendo a los altos líderes mundiales en la toma de decisión que permita avanzar más profusamente en el desarrollo de esta tecnología.

Inteligencia Artificial y robótica

El siglo XX ha supuesto una gran revolución en la evolución tecnológica de la humanidad. El hombre necesitó varios siglos para poder alcanzar avances significativos en muy diferentes áreas tecnológicas. Pensemos en la navegación, a modo de ejemplo. Desde que el hombre fue capaz de surcar unas aguas, fluviales o marítimas, hasta que instaló una vela que le proporcionaba mayor velocidad; y, más tarde, acopló un motor que le independizaba de las condiciones naturales, pasaron, asombrosamente, miles de años. Otra muestra de este lento progreso tecnológico puede ser el desarrollo de las armas. Nuevamente, desde que el ser humano empuñó un palo o una piedra para atacar a otro, pasando por la lanza, el arco y la flecha; la invención de la pólvora y las primeras armas de fuego, el mosquete y el arcabuz; hasta el rifle y la pistola, al igual que en el caso de la navegación, han pasado millones de años.

Por el contrario, desde el inicio del pasado siglo hasta nuestros días, la evolución tecnológica de la humanidad ha sido muy intensa. Baste, nuevamente a modo de ejemplo, la evolución sufrida por el ansia de volar del hombre. En los primeros años del siglo, dos pioneros, los hermanos Wright, lograron construir y volar con éxito el primer aeroplano de la historia; y tan solo poco más de medio siglo después, en julio de 1969, el hombre era capaz de poner el pie en la Luna.

Los orígenes de la computación, tal y como la conocemos en la actualidad, se remontan tan solo a la primera mitad del siglo XX, experimentando a lo largo de la década de los ochenta un auge espectacular con la aparición del PC diseñado por IBM. Pero es a lo largo de los años noventa cuando la informática se vuelve personal y lo inunda todo. El apogeo de Internet, a finales de esa década, y sobre todo en la primera década de este siglo, impregna todo el entorno vital transformando el comportamiento de la humanidad.

Esta transformación, denominada digital, da paso a otra más profunda que ya se está iniciando y que, con casi total probabilidad (bonito eufemismo para suavizar la afirmación de lo que es ya una realidad inevitable), cambiará el rumbo del modo de vida de la humanidad; esta no es otra que la Inteligencia Artificial (IA).

¿Qué es la IA? Marvin Minsky, profesor emérito del MIT, fundador del MIT Computer Science & Artificial Intelligence Lab (CSAIL) y reconocido como uno de los mayores expertos en IA, la define como: «la ciencia de hacer que las máquinas hagan cosas que requerirían inteligencia si las hubiera hecho un humano»³.

Pronto, no dentro de muchos años, antes de alcanzar la mitad del presente siglo, las máquinas serán capaces de aprender por sí solas. De hecho, ya lo están haciendo en la actualidad, pero nos encontramos en un estadio muy inicial. Podemos atrevernos a hacer una comparación con el proceso de evolución de la aviación, situando el momento actual de la IA, con aquel en el que Manfred Albrecht Freiherr von Richthofen, más conocido por el sobrenombre de «barón rojo», surcaba los cielos derribando aeroplanos enemigos durante la primera gran contienda. Pero no nos equivocaremos al asegurar que no serán necesarios otros 100 años para llegar al equivalente del F-35 Lightning II o del bombardero B-2 Spirit. Como muestra de esta afirmación, la World Intellectual Property Organization (WIPO) ha publicado un informe *WIPO Technology Trends 2019* basado en análisis de patentes relacionados con innovaciones en IA, así como de datos sobre publicaciones científicas y otras actividades legales y comerciales vinculadas a esta disciplina, llegando a la singular conclusión de que el 50 % de todas las patentes de IA se han publicado en solo los últimos cinco años⁴, lo que refuerza notablemente la percepción de progreso tan acelerado en la innovación de esta área.

¿Hasta dónde pueden llegar a aprender las máquinas? ¿Dónde está el límite en el que las máquinas no podrán superar al humano en la realización de tareas? De acuerdo con la investigación realizada por expertos de las universidades de Yale y Oxford⁵, existe un 50 % de probabilidad de que la IA supere a los humanos en todas las tareas en 45 años y de automatizar todos los trabajos humanos en 120 años.

³ SAMPEDRO, J. "Marvin Minsky, cerebro de la inteligencia artificial", *El País*, 26 enero 2016. [En línea]. Disponible en: https://elpais.com/elpais/2016/01/26/ciencia/1453809513_840043.html [Último acceso: 22 julio 2019].

⁴ World Intellectual Property Organization, "WIPO Technology Trends 2019: Artificial Intelligence", World Intellectual Property Organization 34, chemin des Colombettes, P.O.Box 18, Geneva, Switzerland, 2019.

⁵ Grace, K. et al. "When Will AI Exceed Human Performance? Evidence from AI Experts", Oxford (UK): Instituto para el Futuro de la Humanidad. Universidad de Oxford, 03 May 2018.

En esta misma investigación, se afirma que la IA superará a los humanos en diversas actividades como la traducción de idiomas (para 2024), escribir textos a nivel académico preuniversitario (para 2026), conducir vehículos de gran tonelaje (en 2027), escribir un *best-seller* (en 2049) y en realizar cirugías de elevado riesgo (en 2053).

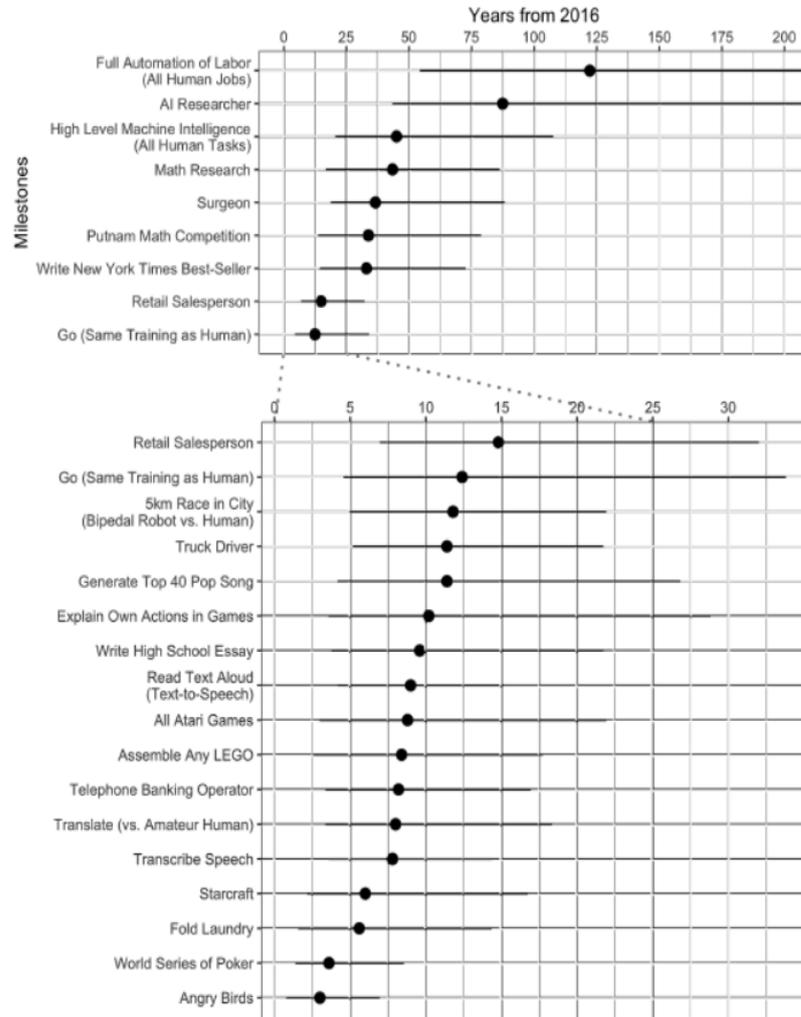


Figura 1. Cronología de las estimaciones (intervalos del 50 %) para que la IA logre superar al hombre en el desempeño de tareas. Fuente. Grace, K. et al. “When Will AI Exceed Human Performance? Evidence from AI Experts”, Oxford (UK): Instituto para el Futuro de la Humanidad. Universidad de Oxford, 03 May 2018.

En el gráfico (figura 1), se pueden apreciar las estimaciones cronológicas de las diferentes tareas y las predicciones en las que la IA superará al experto humano. La línea, para cada una de las tareas, representa el rango de fechas en las que la IA puede realizar esa tarea con la misma precisión que un humano con una probabilidad de un

25 % hasta un 75 % en el extremo opuesto. El punto representa la fecha en la que dicha probabilidad es del 50 %.

Si todas estas tareas que, hasta el momento presente, han sido responsabilidad del humano, están destinadas a ser realizadas por robots en un futuro no muy lejano, ¿podemos afirmar que actividades relacionadas con el ejercicio de cometidos de naturaleza militar serán realizados también por robots? La respuesta resulta obvia: ¡Sí! Nada hace pensar que actividades de dificultad similar a la descrita anteriormente vayan a ser tratadas de modo diferente. Sin embargo, el desarrollo de sistemas autónomos militares está siendo lento en comparación con los del sector comercial. Existe actualmente una polémica que tiene que ver con la cuestión de si se debe permitir que las máquinas inteligentes ejecuten tales misiones militares, especialmente si existe la posibilidad de que cualquier vida humana pueda estar en juego⁶. Gran parte del discurso actual sobre el asunto de las armas autónomas proviene de una preocupación por las implicaciones éticas que supone permitir que una computadora decida matar —o no matar— a un ser humano⁷.

En los últimos informes de expertos de la Convención sobre Ciertas Armas Convencionales (CCW, por sus siglas en inglés), se incluyen como principios rectores «seguir aplicando a todos los sistemas de armas el derecho internacional humanitario» y «mantener, el ser humano, la responsabilidad por las decisiones que se adopten sobre el uso de los sistemas de armas»⁸. Multitud de ONG aúnan esfuerzos para conseguir un tratado internacional jurídicamente vinculante que prohíba estas armas, mientras que los estamentos gubernamentales se retraen a la hora de impulsar la investigación y desarrollo de estos sistemas.

⁶ CUMMINGS, M. “Artificial Intelligence and the Future of Warfare”, London: Chatham House. The Royal Institute of International Affairs, enero 2017.

⁷ SCHROEDER, T. *Policies on The Employment of Lethal Autonomous Weapon Systems in Future Conflicts*, diciembre, 2016.

⁸ Group of Governmental Experts of the High Contracting Parties to the Convention on Prohibitions or Restrictions on the Use of Certain Conventional Weapons Which May Be Deemed to Be Excessively Injurious or to Have Indiscriminate Effects, “Report of the 2018 session of the Group of Governmental Experts on Emerging Technologies in the Area of Lethal Autonomous Weapons Systems”, de *Convention on Certain Conventional Weapons (CCW)*, Geneva, Suisse, 9-13 abril 2018 and 27-31 agosto 2018.

Como afirma el general Moliner en su artículo de ética militar, en el que expresa su opinión acerca del futuro de los robots en los conflictos bélicos⁹, la condición humana consta de tres componentes: inteligencia, voluntad y emociones. Según Moliner, «las máquinas nos superan en las dos primeras, no tardando en realizarlo en la tercera. Será necesario dotarlas de un sentimiento de empatía, o algo que se le parezca, para que incorporen adecuadamente los códigos y valores morales resultado de nuestra construcción ética, poniendo especial cuidado en su programación para que no puedan escapar de sus constricciones y mandatos éticos». De nuevo, el espíritu de *Terminator*, y la posible destrucción de la humanidad, se abren paso en la definición y creación de estas máquinas.

Los sistemas autónomos están ampliando las capacidades de operar en entornos hostiles, reaccionar a mayor velocidad de lo que es capaz el humano y superar el cansancio y la fatiga, pudiendo trabajar en un ciclo de tiempo 24/7 continuo.

El uso mayoritario de los sistemas no tripulados por el Departamento de Defensa (DoD, por sus siglas en inglés) de los Estados Unidos ha sido motivado por la amenaza de artefactos explosivos improvisados y la necesidad de una recolección persistente de datos de inteligencia, vigilancia y reconocimiento (ISR, por sus siglas en inglés)¹⁰ pero, como ya se ha repetido en varias ocasiones, las decisiones de más alto nivel permanecen todavía en el dominio del humano. En función de determinados parámetros, los sistemas gozan de diferentes grados de autonomía. Una aproximación a estos grados de autonomía facilita la comprensión de las capacidades de los Sistemas de Armas Autónomos Letales.

Autonomía

Los vehículos aéreos no tripulados (UAV, por sus siglas en inglés), comúnmente conocidos como drones, han alcanzado una gran popularidad en muchos ámbitos de la vida actual y el militar es uno más de ellos. Cuando se alude a cuestiones de sistemas

⁹ MOLINER, J. "La ética militar en el futuro de máquinas, robots e inteligencia artificial", Universidad de Granada: *GRUPO DE ESTUDIOS EN SEGURIDAD INTERNACIONAL* (GESI), mayo 08 2019.

¹⁰ Defense Science Board (DSB). *The Role of Autonomy in DoD Systems*, 3140 DEFENSE PENTAGON, WASHINGTON, DC 20301-3140: OFFICE OF THE UNDER SECRETARY OF DEFENSE FOR ACQUISITION, TECHNOLOGY, AND LOGISTICS, July 2012.

autónomos no tripulados, inmediatamente surge en el subconsciente la imagen de estos equipos. Es un error muy común, debido a que son sistemas que carecen del componente humano a bordo, volando sin tripulación. Siendo esto cierto, no debe olvidarse que, actualmente y por lo general, son gobernados por control remoto por un humano desde el exterior.

El concepto de autonomía puede ser interpretado de diferentes formas en función del contexto. Así, en determinadas áreas, la autonomía comprende la capacidad de elegir objetivos libremente. Cuando nos referimos a robots, la autonomía está ligada a la capacidad de actuar independientemente, pero en aras de alcanzar los objetivos marcados por un agente externo¹¹.

Es importante, por tanto, especificar qué se entiende por autonomía cuando se refiere a la capacidad de actuar de estos ingenios en función de diferentes patrones. Para ello, deben distinguirse tres dimensiones, totalmente diferentes y para las que el concepto de autonomía se observan diferentes acepciones¹². Estas son:

1. La relación hombre-máquina de mando y control.
2. La complejidad de la máquina.
3. El tipo de decisión que debe tomar.

Estas tres dimensiones son independientes, por lo que la autonomía puede analizarse, en forma distinta, desde cada uno de los tres enfoques, aunque frecuentemente tienden a confundirse. Desde el plano de la relación hombre-máquina, esta se puede establecer de tres variedades distintas¹³:

- Semiautónomo o *human in the loop* en los que el humano designa los objetivos y la máquina decide cómo alcanzarlos.
- Autónomos supervisados por el hombre o *human on the loop* capaces de alcanzar sus propios objetivos, pero que tienen un ser humano que desempeña una función de supervisión con la capacidad de poder intervenir si la máquina falla o funciona mal.

¹¹ HAASELAGER, W. *Philosophy and the problems of autonomy*, John Benjamins Publishing Company, 2005.

¹² SCHARRE P. et al. *An Introduction to autonomy in weapon systems*, Washington, DC: Center for a New American Security (CNAS), febrero 2015.

¹³ BLANCO, M. *La adaptación de las Fuerzas Armadas al futuro uso de los sistemas de armas autónomos*, Madrid, España: Universidad Nacional de Educación a Distancia, febrero, 2019.

- Completamente autónomos o *human out of the loop* donde las máquinas pueden alcanzar los objetivos seleccionados por ellas, y donde el humano es incapaz de intervenir.

Desde esta perspectiva, la autonomía no se refiere a la inteligencia de la máquina, sino a su relación con el controlador humano¹². En lo que afecta a los sistemas de armas, las implicaciones en el desempeño de sus cometidos, en función del grado de autonomía, según la directiva publicada por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos¹⁴, son las siguientes:

- Un sistema de armas semiautónomo, una vez que ha sido activado, únicamente se enfrenta a objetivos individuales o a grupos específicos de objetivos que hayan sido seleccionados por el operador humano, incluidas las municiones del tipo «dispara y olvida».
- Los sistemas de armas, supervisados por el hombre, están diseñados para proporcionar al operador humano la capacidad de intervenir, incluso abortando el enfrentamiento, como consecuencia de un error en la obtención del objetivo o a un fallo en el sistema de armas, antes de que los niveles de error lleguen a ser inaceptables.
- Una vez que los sistemas de armas autónomos han sido activados, estos pueden seleccionar y enfrentarse a objetivos sin necesidad de intervención del hombre. En este grupo se incluyen también los sistemas de armas supervisados por humanos, diseñados para permitir al operador abortar la operación del sistema de armas, pero que no necesitan de este para seleccionar y adquirir el objetivo.

Estos grados de autonomía son los definidos por el DoD en su directiva, determinando la responsabilidad de su desarrollo y uso. Resulta interesante el hecho de que la propia directiva excluya los sistemas autónomos o semiautónomos que operan en el ciberespacio, como resulta obvio, de todos aquellos sistemas de armas, municiones o artefactos convencionales. En el ámbito del ciberespacio, Estados Unidos ha publicado varias estrategias, la última en 2018, pero no existen documentos de mayor detalle que examinen el empleo de sistemas autónomos. Estos ya existen desde hace un lustro en países dentro de la órbita política de los Estados Unidos, por lo que es de suponer que

¹⁴ USA Department of Defense, *Autonomy in Weapon Systems Directive*, Washington DC: United States of America, November 21, 2012.

la industria norteamericana ha sido capaz de desarrollar algo similar. Sistemas capaces de analizar lo que ocurre en las redes y responder por sí solos de forma adecuada aprendiendo de cada interacción. Por ahora lo único declarado es su capacidad de defenderse, siendo una incógnita si también es capaz de atacar.

En lo que respecta a la segunda acepción de autonomía, en la que se evalúa la complejidad de la máquina, se automatizan las máquinas o los sistemas con un nivel de complejidad menor, susceptibles de reproducir únicamente respuestas mecánicas. Un ejemplo de estos sistemas puede ser un detector volumétrico de presencia que activa algún tipo de alarma cuando descubre la presencia de un cuerpo extraño.

El término «automatizado» está reservado para sistemas más complejos y basados en reglas¹⁵. Sirva de ejemplo el caso de vehículos «autotripulados» en los que el sistema selecciona el recorrido a realizar y el modo de ejecutarlo, aunque es responsabilidad del humano decidir el punto de inicio y el destino final. Asimismo, se denominan, dentro de este grupo, «sistemas autónomos» a aquellos que operan bajo «inteligencia artificial» o que poseen libre albedrío. Como aclara la profesora Mohíno en la introducción del capítulo *De las células a los bits*, en su conclusión acerca de la IA, que la finalidad de esta es la de «imitar al ser humano»¹⁶ en el aprendizaje, conocimiento y comportamiento. ¿Por qué en cada momento un ser vivo hace lo que hace y por qué no hace algo distinto?¹⁷. La respuesta no es trivial y está entroncada con el problema técnico de la toma de decisión. Para decisiones de más bajo nivel, las respuestas son prácticamente automáticas mediante algoritmos tradicionales (la respuesta del volumétrico a una presencia extraña siempre será activar la alarma), mientras que para las de alto nivel intervienen cuestiones estratégicas, técnicas y otras de diversa índole, sumándolo al libre albedrío.

Si para salvar un obstáculo que sea indiferente realizarlo por la izquierda o por la derecha, siempre se hace por ejemplo por la izquierda, nos encontramos ante una respuesta automatizada. Si esta decisión se toma alternativamente una vez por cada

¹⁵ SCHARRE, P. *Autonomy in weapon systems*, Center for a New American Security, febrero, 2015.

¹⁶ MOHÍNO, I. "De las células a los bits" de Usos militares de la inteligencia artificial, la automatización y la robótica (IAA&R), Madrid, Centro Superior de Estudios de la Defensa Nacional (CESEDEN), octubre 2019, pp. 19-39.

¹⁷ SALICHS, M. et al, "Toma de Decisiones en Robótica", *Revista Riari*, vol. 7, nº 4, pp. 5-16, 8 octubre 2010.

lado, seguimos ante una respuesta igualmente automatizada. Si el sistema funciona por libre albedrío, la elección de por dónde salvar el obstáculo es indiferente e independiente de por dónde lo ha salvado la vez anterior. Si la muestra de intentos es lo suficientemente grande, la estadística tiene que ser obligatoriamente del 50 % a cada lado.

Por último, cuando se evalúa el tipo de decisión que se debe tomar, los sistemas tienen diferentes niveles de complejidad y riesgo. Cuanto más simple es la función, la respuesta es más automática, dejando fuera del ciclo de decisión al humano¹². Recordemos la respuesta del volumétrico. En ningún caso el controlador puede realizar acción alguna que modifique el resultado.

Cuando la respuesta requiere un tipo de acción algo más complicada, es precisa la intervención del humano. El sistema de guía de un misil elige la ruta para alcanzar el objetivo, pero el objetivo habrá sido seleccionado por el operador. Incluso puede supervisar la acción y evitar la detonación si se ha advertido algún error.

Como se ha visto, las tres dimensiones de la autonomía son independientes. Así, la inteligencia o complejidad de la máquina es un concepto separado de su capacidad para realizar una tarea por sí misma. Una mayor inteligencia de la máquina para realizar una tarea no implica necesariamente que se le conceda el control de la tarea. Cuando la tarea tiene mayores implicaciones morales, la última decisión recae en el humano.

Robot. Visión y movimiento

Hasta no hace muchos años, no más de una o dos décadas, la palabra robot traía a la mente, excluidas las ilusiones futuristas de Hollywood, únicamente la imagen de autómatas industriales capaces de realizar tareas de manipulación de objetos, controlado directamente por el operador o a través de una secuencia de acciones memorizadas. *Unimate*, primer robot industrial, constaba de un computador y un brazo articulado con seis grados de libertad, gobernado por un programa informático. Instalado en 1961 en una cadena de montaje de General Motors, transportaba las piezas fundidas desde un molde hasta la cadena de montaje y soldaba estas partes sobre el chasis del vehículo, evitando que esta tarea la realizaran humanos expuestos a accidentes.

Aunque sin abandonar esa idea de robot, que sigue existiendo, actualmente tiende a considerarse que un robot es un ordenador con la capacidad y el propósito de movimiento que, en general, es capaz de desarrollar múltiples tareas de manera flexible según su programación.

La investigación en robótica experimentó un gran avance en las dos últimas décadas del siglo pasado. Así, numerosos equipos de ingenieros diseñaron diferentes robots que

vieron la luz a partir del año 2000: ASIMO de Honda, QRIO de Sony, HRP-4C ginoide de AIST, entre otros.

Pero ¿cómo «ven» los robots? ¿Cómo interpretan el entorno que les rodea para conocerlo? A lo largo del mes de noviembre de 2010, tras más de 20 años de investigación, bajo el nombre de Project Natal, Microsoft consumó el lanzamiento de Kinect para Norteamérica, Europa, Australia y Japón. Kinect nació como un controlador de juegos para la videoconsola Xbox 360 de Microsoft (figura 2).



Figura 2. Videoconsola Xbox 360 de Microsoft y controlador de juegos Kinect.

Fuente. Xbox 360 Microsoft.

Creada por Alex Kipman y desarrollada por Microsoft, permite a los usuarios interactuar con la consola sin necesidad de un controlador físico (*joystick*, mando u otro dispositivo de control)¹⁸. Los avances en las cámaras de visión 3D y en los sensores y micrófonos de ambiente han permitido enormes progresos en la industria multimedia y en el negocio del entretenimiento y los videojuegos.

Pero, más allá del esparcimiento y la diversión, el desarrollo de Kinect tiene otras derivadas. Gracias a su sensor de profundidad, permite al sistema reconocer la tercera dimensión. Mediante un array de cuatro micrófonos y el software de reconocimiento de voz, es capaz de interpretar las palabras y los sonidos del entorno y, finalmente, con una cámara RGB, junto con el sensor de profundidad y un software de reconocimiento facial,

¹⁸ Wikipedia, Fundación Wikimedia Inc., 16 mayo 2019. [En línea]. Disponible en: <https://es.wikipedia.org/wiki/Kinect> [Último acceso: 19 junio 2019].

permite examinar y autenticar los rostros a pesar de tener que observarlos desde distintos ángulos a causa del movimiento de la persona objetivo¹⁹.

Los dos principales componentes hardware que integran el sistema de visión de Kinect son²⁰:

- Cámara RGB: captura imágenes en color mediante combinación de los tres colores de luz primarios (*red*, *green* y *blue*) con una profundidad por canal de 8 bits. La cámara opera a 30 Hz con una definición de 640x480 píxeles.
- Sensor de profundidad o cámara de tiempo de vuelo: integrado por dos elementos (figura 3), un proyector de infrarrojos y una cámara, también de infrarrojos. Combinados, el proyector y la cámara, crean un mapa de profundidad con la información de distancia entre el objeto y la cámara.

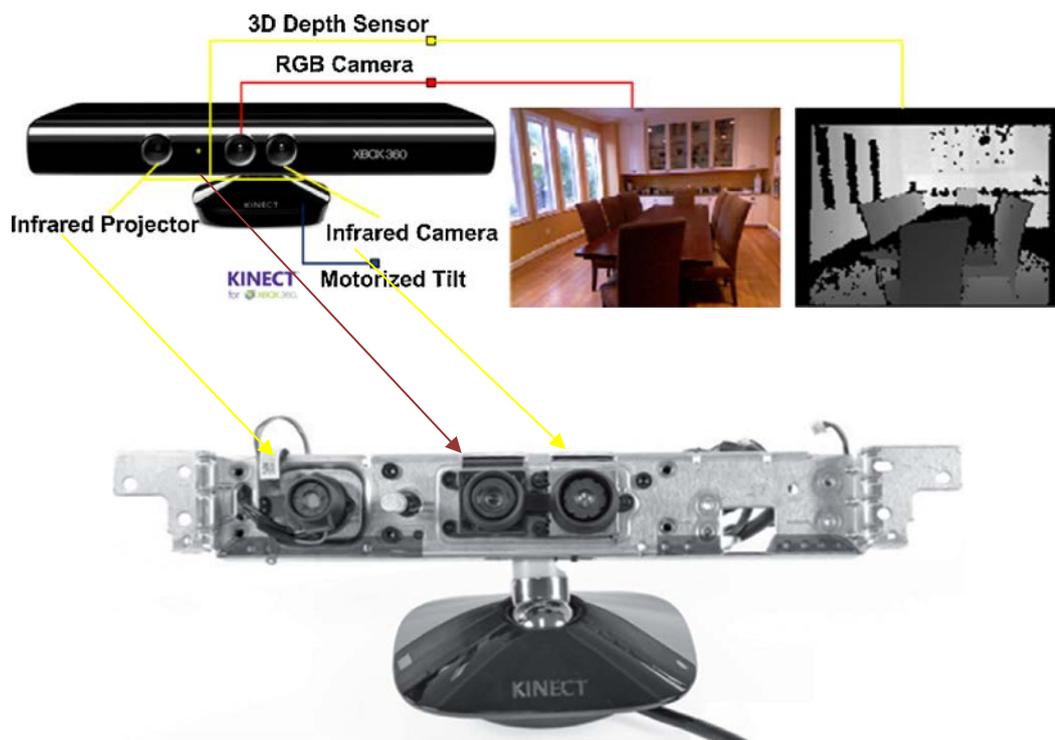


Figura 3. Principales componentes hardware del sistema de visión de Kinect.

Fuente. Xbox 360 Microsoft.

¹⁹ ZHANG, Z. "Microsoft Kinect Sensor and Its Effect", *IEEE Computer Society*, University of Missouri, abril-junio 2012.

²⁰ HAN, J. et al., "Enhanced Computer Vision with Microsoft Kinect Sensor: A Review", *IEEE TRANSACTIONS ON CYBERNETICS*, Singapore, Nanyang Technological University, octubre 2013, pp. 1318 - 1334.

En la figura (figura 3), se puede observar cómo el sistema obtiene una imagen en 3D codificando la profundidad en tonos grises. Los píxeles más oscuros son los más cercanos al objetivo de la cámara, los píxeles negros indican que no se ha podido calcular la distancia con precisión. Los motivos de esta indefinición pueden ser diversos. Uno de ellos puede estar provocado por una mala calibración del láser debido a golpes, vibraciones o condiciones físicas adversas. Para solucionarlo, debe recalibrarse el láser, ajustando las lecturas de los objetivos de las cámaras mediante una carta de calibración del sensor¹⁹.

Captada la escena en 3D por el sistema, se hace necesario proporcionar a este la capacidad de interpretar el movimiento. Los sistemas tradicionales que proporcionan información de movimiento utilizan marcadores (figura 4), es decir, son necesarios dispositivos colocados en el objetivo de tal forma que la cámara los sigue y estudia sus movimientos que, colocados correctamente, puede interpretarse como los movimientos del objetivo en el que están emplazados.

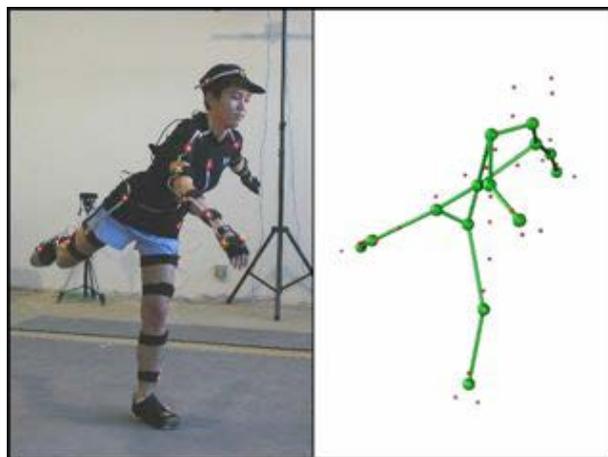


Figura 4. Imagen en movimiento obtenida mediante marcadores. Fuente. SCHWARZ, L et al, "Depth Imaging with Time-of-Flight Cameras and the Kinect", Technische Universität München, 24 enero 2012.

El uso de marcadores para estudiar el movimiento humano ha tenido, en las últimas décadas, un éxito relativo, casi exclusivamente en el ámbito comercial, pero muy escaso en otras aplicaciones prácticas como en la asistencia médico-sanitaria, en el campo de los videojuegos y en especialidades de videovigilancia, entre otras.

Kinect utiliza una ingeniosa combinación de cámara RGB y sensor de profundidad (proyector de infrarrojos + cámara de infrarrojos) que le permite analizar el movimiento. Dado que esta tecnología no precisa de marcadores, lo que disminuye la complejidad del equipo y abarata los costes, ha conquistado los mercados donde fracasaron los sistemas con marcadores. Basado en la aplicación de principios físicos elementales es, sin embargo, capaz de sincronizar todos los elementos del sensor de forma compleja, pero, aun así, precisa. El sistema es conocido como de rastreo del esqueleto (*Skeletal Tracking*), donde la cámara RGB captura una imagen del individuo, representando el cuerpo humano como una serie de articulaciones que simbolizan partes del cuerpo como la cabeza, cuello, hombros, codos, rodillas, etc. (figura 5). Cada articulación está determinada por sus coordenadas en 3D. El objetivo consiste en determinar coordenadas y posición de estas articulaciones en tiempo real y con las limitaciones de los recursos computacionales del sistema que, en este caso, es la Xbox 360, de forma que no afecten al rendimiento del juego visionado por Kinect a²¹ y b²².

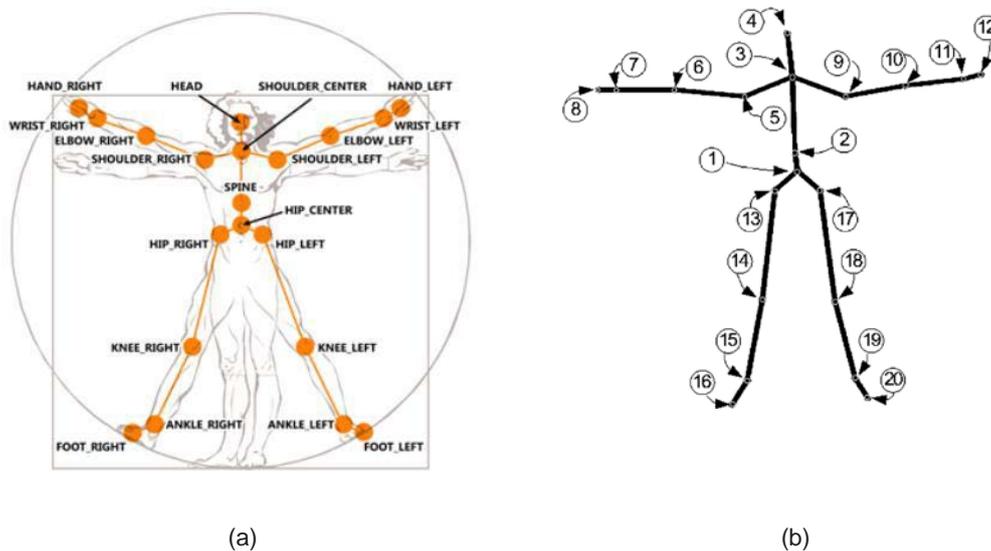


Figura 5. Imagen del cuerpo humano y el conjunto de articulaciones.

Fuente. Xbox 360 Microsoft.

²¹ ELM, A. *Evaluation of body position measurement and analysis using kinect. At the example of golf swings*, Borås, Sweden: University of Borås. School of Business and IT, 2014.

²² DING, I. et al, "An eigenspace-based method with a user adaptation scheme for human gesture recognition by using Kinect 3D data", *Applied Mathematical Modelling*, Taiwan, Department of Electrical Engineering, National Formosa University, 2 enero 2015, pp. 5769-5777.

Las imágenes son generadas a partir de humanos de muy diferentes características: estatura, tamaño, etc. y desde poses muy diversas. Las imágenes, para ser capturadas, deben ser previamente sintetizadas. La secuencia de imágenes que genera el movimiento del individuo es confrontada con una extensa base de datos de movimiento y, mediante un algoritmo eficiente de búsqueda, determina la más adecuada (figura 6).

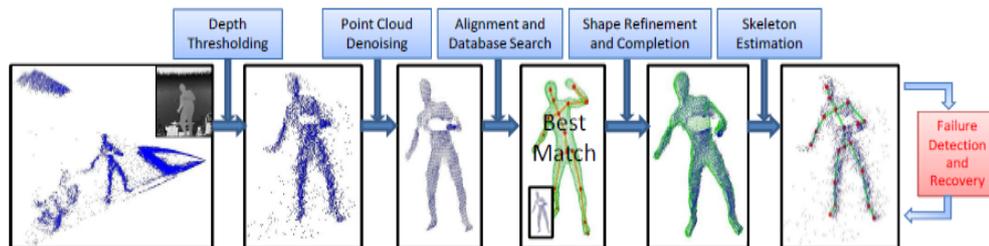


Figura 6. Proceso de síntesis de la imagen y búsqueda de la más adecuada en la base de datos de movimiento. Fuente. YE, M. et al, "Accurate 3D Pose Estimation from a Single Depth Image", *IEEE International Conference on Computer Vision*, 2011.

Así, de este modo, el sistema puede discernir qué movimiento se está realizando. Como se puede apreciar en la figura (figura 7), dependiendo de la secuencia de movimientos, el sistema interpretará que el individuo está dando una palmada (figura 7.a), jugando al golf (figura 7.b) o caminando (figura 7.c), siempre dentro de las que tiene almacenadas en su base de datos.

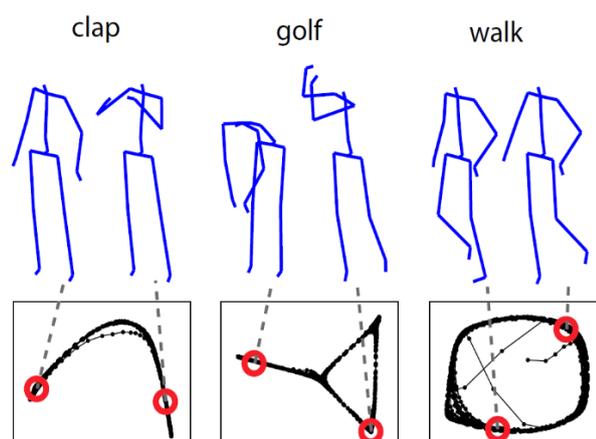


Figura 7. Diferentes secuencias de movimientos de la base de datos de movimiento de Kinect. Fuente. Xbox 360 Microsoft.

Por último, se completan las capacidades de Kinect con el seguimiento de la postura de la cabeza y la expresión facial. Se utilizan imágenes de rostros en 2D y en 3D almacenadas en la base de datos. La imagen obtenida por la cámara es excesivamente burda, pero combinada con imágenes de profundidad capturadas a 30 fps, se logra una combinación adecuada para el reconocimiento de poses faciales. La profundidad se determina a través de una triangulación, similar a la estereovisión (figura 8). El error de profundidad aumenta con la distancia al cuadrado, lo que significa que el individuo debe posicionarse cercano a la cámara para poder reconocerlo con nitidez.



Figura 8. Seguimiento de la expresión facial realizada por Kinect. Fuente. Xbox 360 Microsoft.

Kinect ha sido un desarrollo de Microsoft que ha proporcionado al hombre la capacidad de interactuar con la máquina mediante el movimiento del cuerpo, sin necesidad de utilizar dispositivos externos.

Esta tecnología que interpreta el movimiento físico en 3D ha permitido que científicos e ingenieros hayan conseguido crear robots que se mueven de manera semejante al humano²³.

Paradójicamente, Microsoft anunció, en octubre de 2017, que dejaba de fabricar Kinect como accesorio de la Xbox. Su elevado precio encarecía excesivamente el producto y

²³ LACOSTE, J. "La Inteligencia Artificial y los robots: ¿Oportunidad o amenaza?", *El Blog de Jesús A. Lacoste*, 13 septiembre 2017. [En línea]. Disponible en: <https://jalacoste.com/inteligencia-artificial-robots> [Último acceso: 2 julio 2019].

resultaba difícil venderlo. Sin embargo, esta tecnología sigue desarrollándose en el ámbito de la investigación para poder mejorar actividades como la enseñanza, la rehabilitación física y psíquica de pacientes, simulaciones psicomotrices de todo tipo: desde operaciones clínicas a aviones de combate. El hardware Kinect está siendo utilizado como cámara 3D de bajo coste para infinidad de proyectos científicos, desde satélites de bajo coste a ópticas para robots²⁴.

Actualmente, se continúa investigando en el desarrollo de sistemas robóticos para múltiples aplicaciones relacionadas con la producción industrial, los procedimientos sanitarios, la exploración espacial, la industria militar y otras actividades humanas de riesgo. Existen ingenios capaces de trabajar en cada uno de los tres ámbitos: terrestre, aéreo y marítimo. Como ya se ha mencionado, incluso se están realizando esfuerzos en el ámbito cibernético, por lo que se deduce que también pueden ser físicos o virtuales. Los tamaños y formas son también muy dispares. A continuación, se describen algunos robots de diferentes tipos.

Robots y su empleo en el campo militar

Actualmente, el uso de robots abarca numerosas áreas, desde el cuidado de ancianos, el servicio al cliente, la vigilancia y, sobre todo, el desempeño de trabajos peligrosos, de gran esfuerzo o en ambientes bajo condiciones hostiles. En el seno de los ejércitos de los países más avanzados, se emplean robots en los últimos supuestos anteriores. En este punto se van a describir diferentes robots que actúan en los tres medios: terrestre, aéreo y marítimo.

Robots terrestres

La robótica terrestre es la que, sin lugar a duda, en lo que a número de prototipos diferentes respecta, se encuentra más avanzada en este momento. Entre las misiones que pueden realizar encontramos la desactivación de artefactos explosivos, apoyo al combate, reconocimiento y muchas otras. Algunos de los ingenios más conocidos son: las mulas robots y el robot oruga TALON.

²⁴ MORALES, E. La nueva cultura multimedia en la era digital: el caso de los videojuegos (tesis doctoral), Madrid: Facultad de Ciencias de la Información. Universidad Complutense de Madrid, 2014.



Figura 9. Mula robot desplazándose en compañía de tropas a pie

La mula robot, *Legged Squad Support System* (LS3) o también conocido como BigDog, es un diseño de Boston Dynamics ideado para acompañar a los marines de Estados Unidos y todo soldado que se desplace a pie (figura 9.a) en cualquier tipo de terreno. En el combate moderno, el equipo individual del combatiente ha crecido sobremanera resultando muy pesado. Cada una de estas mulas es capaz de transportar 180 kg (figura 9.b). El robot sigue al líder gracias a su sistema de visión artificial sin necesidad ningún indicador externo. Puede, igualmente, viajar solo llevando su carga al destino designado mediante un localizador GPS.

El LS3 es capaz de correr y saltar obstáculos sin perder el equilibrio. Para ello, integra un sensor láser que le informa de la distancia y tamaño de los obstáculos. Unos algoritmos deciden hasta dónde plegar las patas delanteras del robot y, al mismo tiempo, el impulso que hay que dar con las traseras para saltar el obstáculo. De esta manera es capaz de salvar obstáculos de hasta 40 cm de altura.



Figura 10. Mula robot, siendo derribada, no pierde el equilibrio.

El robot, por medio de sus cuatro patas, nunca pierde el equilibrio ni se cae, incluso aunque sea empujado para derribarlo (figura 10). Estos robots siempre llegarán a su destino a pesar de tener que andar en condiciones difíciles; desde bosques a edificios derruidos o zonas nevadas. El sistema funciona a base de prueba y error, analizando las posibles reacciones ante un

imprevisto, y llegando a la mejor conclusión posible en cada momento para completar la tarea, evitando la caída.

El problema que sufren las mulas robots es que utilizan para moverse motores de combustión, por lo que son muy ruidosos, delatando su posición. El cuerpo de marines de los Estados Unidos ha renunciado, por este motivo, a su uso.

Otro tipo de robot es TALON de la empresa norteamericana de robótica, Foster-Miller. TALON es un vehículo oruga que puede viajar a través de la arena, el agua y la nieve, así como subir escaleras. Transmite imágenes en color, blanco y negro, infrarrojos o visión nocturna a su operador que puede estar a una distancia de 1 000 m. Puede trabajar en áreas contaminadas. Se utilizó en la zona cero tras los ataques del 11 de septiembre al World Trade Center de Nueva York.

Existe una versión armada de TALON (figura 11), denominada *Special Weapons Observation Reconnaissance Detection System* (SWORDS). El robot se compone de un sistema de armas montado en el chasis estándar de TALON, donde puede ir instalado un rifle M16, 5,56 mm SAW M249, una ametralladora M240 de 7,62 mm, un rifle Barrett M82 de calibre .50 (12,7 mm), un lanzagranadas de 40 mm con seis cañones o un arma incendiaria M202A1 FLASH de 66 mm. No se compone de un sistema autónomo, sino que tiene que ser controlado por un soldado que utiliza una pequeña consola para dirigir a distancia el dispositivo y disparar sus armas.



Figura 11. SWORDS.

Robots aéreos

Dentro de este apartado mencionaremos a IAI Harpy (figura 12.a). Esta es una «munición vagabunda» de tipo «dispara y olvida» fabricada por Israel Aerospace Industries. Su objetivo principal son los sistemas radar y está optimizado para supresión de defensas aéreas (SEAD, por sus siglas en inglés).



Figura 12. Robot aéreo Harpy (a), y Harop (b).

El objetivo de Harpy se selecciona desde tierra, vuela de forma autónoma; es, por tanto, un sistema del tipo *man-in-the-loop* como se mencionó anteriormente. También recordaremos que el vuelo de un robot aéreo es dirigido por un humano en remoto. Harpy es un ejemplo que desmiente dicha afirmación. Al igual que otros muchos drones actuales, ejecuta su vuelo de forma autónoma.

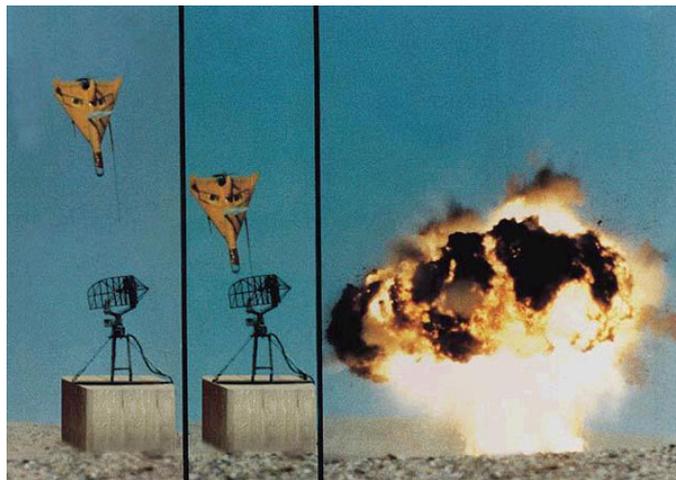


Figura 13. Detonación de Harop.

En su vuelo escucha permanentemente la señal de radar enemiga en su zona de acción, por lo que él no emite señal alguna. Harpy compara la señal recibida con su biblioteca de emisiones hostiles. Si confirma la señal y verifica el objetivo, el dron entra en modo de ataque. Este se lanza contra el objetivo en un vuelo picado, detonando su ojiva explosiva de 32 kg unos metros sobre el objetivo, antes de alcanzarlo (figura 13). De esta forma consigue generar el máximo daño posible sobre las antenas y las instalaciones que se encuentren alrededor. Si el radar se apaga o en la zona se encuentra personal civil, Harpy puede abortar el ataque y seguir sobrevolando la zona buscando un nuevo objetivo mientras tenga combustible. Si no pudiera cumplir la misión, Harpy está programado para autodestruirse en un área designada para no ser descubierto.

Harop, diseñado también por Israel Aerospace Industries, es la evolución de Harpy (figura 12.b). De hecho, se le conoce también como Harpy-2. Ha sido vendido por Israel a India y con la colaboración de Alemania, se ha diseñado conjuntamente una versión especial. Puede ser lanzado desde contenedores terrestres y marítimos sellados de tal forma que soporten las duras condiciones del teatro de operaciones.

Robots marítimos

La marina estadounidense prevé que en un futuro no muy lejano dispondrán de armas autónomas submarinas navegando en las profundidades de los océanos sin necesidad de desplazar ningún marinero a bordo. *Unmanned underwater vehicles* (UUV), también conocidos como *underwater drones* tienen una función muy similar a la de los UAV en el aire, pero padecen un problema adicional: es necesario desarrollar una mayor autonomía para los UUV que para los UAV.



Figura 14. Orca, Extra Large Unmanned Undersea Vehicle, XLUUV.

Boeing ha desarrollado un prototipo de submarino teledirigido denominado Echo Voyager (figura 14). El buque de 51 pies de largo (Orca, *Extra Large Unmanned Undersea Vehicle*, XLUUV) ha completado más de 2 500 horas de pruebas oceánicas. Durante las primeras pruebas, en 2017, Echo Voyager operó durante unos tres meses frente a la costa del sur de California mientras se monitorizaban los resultados desde la superficie.

El UUV se alimenta gracias a un sistema híbrido de batería eléctrica y diésel. Un generador se activa cuando la batería se agota, y el dron periódicamente asciende a la superficie para levantar un mástil que proporciona aire y así permitir que funcionen los motores diésel, los cuales recargan las baterías. Durante las primeras pruebas en el mar, Boeing probó la capacidad del dron para salir a la superficie, recargarse y sumergirse, así como su control en corrientes y olas.

El Echo Voyager está diseñado para ser programable, de modo que pueda navegar desde la costa, completar su misión y regresar cuando finalice. Este tipo de buques, de tamaño medio, podría ser utilizado para operaciones de detección, acciones de desminado, guerra antisubmarina, guerra electrónica o para apoyar a los portaaviones con tripulación y hasta realizar misiones de ataque.

Desafíos acerca del uso de armas autónomas letales

Las armas autónomas letales suponen un nuevo avance en el desarrollo armamentístico. Como se ha descrito a lo largo del artículo, pueden evitar que el hombre sea el que tenga que combatir contra otro hombre en el transcurso de un conflicto bélico.

Pero ¿realmente supone este hecho un beneficio a la hora de tener un enfrentamiento militar? Muchas son las consideraciones para tener en cuenta a la hora de desarrollar este tipo de armas.

Disponer de un tipo de armamento con una capacidad mucho más destructiva de la que pueden disponer los potenciales enemigos, solo será eficaz mientras se siga siendo el único que la posee. Recordemos, como ya se ha mencionado anteriormente, la escalada de recelo y desconfianza que supuso la carrera nuclear cuando ambos bandos poseían la tecnología. Aunque la situación no es exactamente igual que en el periodo de la

Guerra Fría, todavía se siguen soportando las consecuencias, bajo la amenaza que entraña el que sigan existiendo países con capacidad nuclear y gobernados por dirigentes “de escasa confianza”.

Se sabe que siete países están desarrollando armas autónomas letales: Estados Unidos, China, Rusia, Reino Unido, Francia, Israel y Corea del Sur²⁵. La comunidad internacional, liderada principalmente por los países citados, considera necesario aplicar controles a la exportación de armas de destrucción masiva, de las que estas, las armas autónomas letales, constituyen una parte para reducir el riesgo que supone que se transfieran a otros actores. Principalmente aquellas que pudieran tener capacidad de actuar de forma totalmente autónoma en las que, como se recordará, el factor humano no participa en el proceso.

¿Quiénes son estos actores? Habitualmente, ansía obtener una capacidad destructiva mayor todo aquel «agente» que percibe que se encuentra en inferioridad de algún tipo frente a su enemigo. Dentro de esta denominación de agente encontramos:

- Estados fuera del ámbito político de los mencionados anteriormente y que se sienten amenazados por alguno de ellos, como el caso de Corea del Norte. También estarían comprendidos en este grupo aquellos países que, sin sentirse amenazados por alguno de los anteriores, tuvieron un conflicto con Estados o etnias vecinas. Podemos imaginar cómo hubiera sido el conflicto de la antigua Yugoslavia si alguno de los contendientes hubiese estado en posesión de este tipo de armas, y el impacto desestabilizador que hubiera provocado en la zona y los efectos colaterales que hubieran ocasionado.
- Agentes no estatales enfrentándose a Estados opresores, sea este sentimiento legítimo o ilegítimo, y que pretenden alcanzar un potencial militar superior al del Estado. Este grupo estaría formado por fuerzas paramilitares opositoras al régimen del país que desean derrocar.

²⁵ ROHRLICH, J. “Report: Kill the idea of ‘killer robots’ before they kill us”, *Center for a New American Security (CNAS)*, 8 mayo 2019. [En línea]. Disponible en: <https://www.cnas.org/press/in-the-news/report-kill-the-idea-of-killer-robots-beforethey-kill-us> [Último acceso: 27 julio 2019].

- Grupos terroristas que anhelan sembrar el caos en ausencia de guerra y, por tanto, fuera de la aplicación de las leyes de la guerra. Se sospecha que, durante la década de los noventa, Osama bin Laden y Al Qaeda hicieron numerosos intentos por adquirir armas nucleares. Desde 2004, Hezbolá ha estado desplegando aviones teledirigidos de uso militar fabricados en Irán para vigilancia y combate²⁶.

En el seno de Naciones Unidas, se suscribió el 10 de octubre de 1980, en Ginebra, el Convenio sobre Prohibiciones o Restricciones en el Empleo de Ciertas Armas Convencionales (CCWC, por sus siglas en inglés), teniendo por objeto prohibir, o restringir, el uso de ciertas armas convencionales que se consideren excesivamente nocivas o cuyos efectos son indiscriminados, infligiendo graves daños a poblaciones civiles inocentes. Este convenio es un anexo a los Convenios de Ginebra del 12 de agosto de 1949²⁷.

La revolución de la robótica militar plantea problemas éticos, legales, políticos y prácticos de enormes proporciones, creando potencialmente peligros de un tipo completamente nuevo, incluso existencial. La preocupación ha ido en aumento desde hace tiempo, por lo que desde 2010 se está intentando incluir este tipo de armas a los cinco protocolos de armas ya existentes. En la Convención sobre Ciertas Armas Convencionales, se han celebrado debates sobre las armas autónomas letales, pretendiendo prohibir o restringir algunas de estas armas que se considera causan un sufrimiento injustificable²⁸.

En diciembre de 1995, 41 países firmaron el Arreglo de Wassenaar, por el que se comprometieron a establecer mecanismos de control de la exportación de los bienes y tecnologías de uso dual²⁹. Estos controles se originaron en la era soviética para impedir la transferencia de tecnología a la URSS. En la era postsoviética, estos controles fueron destinados a bloquear la transferencia de tecnología sensible a actores ilícitos, como

²⁶ CHERTOFF, P. "Perils of Lethal Autonomous Weapons Systems Proliferation: Preventing Non-State Acquisition", Geneva. Suisse: *Geneva Centre for Security Policy* (GCSP), octubre 2018.

²⁷ "Convention on Certain Conventional Weapons", Wikipedia, 4 marzo 2019. [En línea]. Disponible en: https://en.wikipedia.org/wiki/Convention_on_Certain_Conventional_Weapons [Último acceso: 28 julio 2019].

²⁸ "Special report: The future of war. Autonomous weapons are a game-changer", *The Economist*, 25 enero 2018. [En línea]. Disponible en: <https://www.economist.com/specialreport/2018/01/25/autonomous-weapons-are-a-game-changer> [Último acceso: 30 julio 2019].

²⁹ RAMÍREZ, D. La ciberseguridad en el contexto del arreglo de Wassenaar, Madrid: Instituto Español de Estudios Estratégicos, 9 marzo 2016.

grupos terroristas. En la reunión celebrada en 2013, se revisó el acuerdo para intentar introducir estos sistemas dentro de las listas de armamento restringido, pero no fue hasta 2017 cuando EE.UU. consiguió convencer a los Estados miembros. Es en este año cuando se modifican estas listas para que se añadan al control de exportaciones³⁰.

Entre los países que actualmente se encuentran desarrollando armas autónomas letales, todos ellos miembros de la CCW, los criterios acerca de su prohibición son dispares. En este momento, la política militar de EE.UU. exige cierto nivel de interacción humana al tomar la decisión de disparar. Los otros países mantienen que apoyan la prohibición de las armas letales totalmente autónomas. China, sin embargo, apoya la prohibición de su uso, pero no de su desarrollo²⁷.



Figura 15. Reunión de la CCW entre el 9 y 13 de abril de 2018.

En la reunión de 2018 de la CCW, celebrada conjuntamente con miembros de la sociedad civil, entre el 9 y 13 de abril (figura 15), se participó en el segundo debate del Grupo de Expertos Gubernamentales, donde, descartada una prohibición total, se discutió sobre un comportamiento responsable de los Estados, el respeto al derecho internacional humanitario y la necesidad del control humano para determinados aspectos de las operaciones con armas²⁸.

³⁰ The Wassenaar arrangement on export controls for conventional arms and dual-use goods and technologies, list of dual-use goods and technologies and munitions list, Wassenaar. Netherlands, 7 diciembre 2017.

Por otro lado, numerosas asociaciones de científicos y ONG,s se han manifestado contrarios a la proliferación de este tipo de armas (figura 16). Principalmente dirigen su protesta hacia el problema ocasionado por el principio de distinción, que requiere la capacidad de discriminar a los combatientes de la población civil, y el principio de proporcionalidad, que exige que el efecto de los medios y métodos de guerra utilizados no sea desproporcionado en relación con la ventaja militar buscada, prohibiendo que se lancen ataques que causen víctimas entre la población civil y daños a los bienes de carácter civil que sean excesivos en relación con la "ventaja militar concreta y directa prevista"³¹. Su objetivo es la total prohibición de este tipo de armas.



Figura 16. Protesta Stop Killer Robots.

El grupo Campaign to Stop Killer Robots se formó en 2013. En julio de 2015, más de 1000 expertos en IA firmaron una carta de advertencia sobre la amenaza de una carrera armamentista en la Inteligencia Artificial militar y pidieron la prohibición de las armas autónomas. La carta fue presentada en Buenos Aires en la 24ª Conferencia Internacional Conjunta sobre Inteligencia Artificial y fue firmada por Stephen Hawking, Elon Musk, Steve Wozniak, Noam Chomsky, Jaan Tallinn y Demis Hassabis. El Vaticano, por su

³¹ Verri, P. «DICCIONARIO DE DERECHO INTERNACIONAL DE LOS CONFLICTOS ARMADOS,» Comité Internacional de la Cruz Roja, November 2008.

parte, ha solicitado en varias ocasiones a la ONU que sean prohibidas las armas autónomas.

En marzo de este mismo año, en una reunión de la ONU, discutido este tema, una mayoría de países estuvieron de acuerdo en prohibirlas. Se encontraron con la oposición de Estados Unidos, Rusia e Israel entre otros, no llegándose a ningún acuerdo al respecto.

En noviembre de 2017, Stuart Russell, profesor de Inteligencia Artificial en la universidad de Berkley, California, protagonizó un video de 7 minutos, titulado *Slaughterbots*, creado por los defensores de la prohibición de las armas autónomas, donde enjambres de pequeños drones son capaces de identificar su objetivo mediante reconocimiento facial³². Gracias a las redes sociales localizan a la posible víctima y, con el empleo de la IA, una vez liberados pueden alcanzar por sí solos, sin intervención humana, la localización del sujeto elegido por el mismo mediante patrones proporcionados *a priori* (por ejemplo, aquellos que llevan un uniforme enemigo).

Mediante una pequeña carga explosiva son capaces de ejecutar al individuo atravesando su cerebro (figura 17). Los minidrones están equipados con contramedidas antifrancotirador y son capaces de esquivar obstáculos que les impidan cumplir la misión. En menos de dos semanas el video se convirtió en viral. Se proyectó en la reunión de la Convención de las Naciones Unidas sobre Ciertas Armas Convencionales celebrada en Ginebra en noviembre de 2017, con el ánimo de promover su prohibición. Aunque el video es ficticio y este tipo de drones no existen, no es menos cierto que la tecnología para su creación es hoy una realidad tangible.

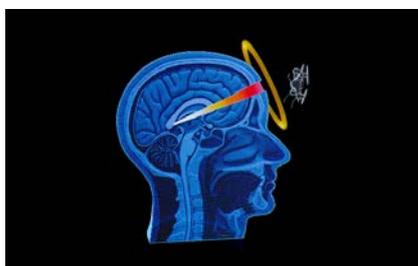


Figura 17. Fotograma de *Slaughterbots* detonando su carga explosiva.

Renunciar al desarrollo de estas tecnologías no es una opción admisible. Es evidente, y la historia lo refrenda, que la prohibición sobre cualquier asunto en el que estén interesados una amplia mayoría de

³² SCHARRE, P. "Why You Shouldn't Fear 'Slaughterbots'. A dystopian future in which killer robots are massacring innocents is terrifying, but let's be clear: It's very much science fiction", *IEEE SPECTRUM*, 22 December 2017. [En línea]. Disponible en: <https://spectrum.ieee.org/automaton/robotics/military-robots/why-you-shouldnt-fearslaughterbots> [Último acceso: 19 noviembre 2019].

países es del todo infructuosa. La investigación continuará por otros canales, con el consiguiente peligro de acabar en manos de otros actores ya mencionados, y con objetivos mucho más nefastos para la humanidad. La mejor solución, o la menos mala, proviene de una adecuada regulación aceptada mayoritariamente.

Conclusiones

Los cambios tecnológicos sufridos por la humanidad en los últimos 50 años han sido muy profundos, siendo catalogados como la «cuarta revolución industrial». Numerosos trabajos, hoy desempeñados por los humanos, pasarán a ser realizados por máquinas. Gracias a la robótica y a la IA, estos ingenios mecánicos inteligentes serán capaces de realizar estas tareas de forma más eficaz que el propio hombre.

Las tareas propias de los ejércitos en el desempeño del combate por tierra, mar y aire también quedan dentro de las capacidades que desarrollan y desarrollarán los robots: desde las más mecánicas, hasta las que necesitan un mayor nivel de decisión.

Para poder llevar a cabo estas acciones, sean del nivel que sean, los sistemas tienen la necesidad de interpretar el entorno. Actualmente se están desarrollando desde grandes multinacionales diferentes tecnologías que realicen esta función. Una de las premisas, dados los ambientes de extrema dureza donde pueden desarrollar su trabajo, es que sean robustos, fácilmente reemplazables y de bajo coste.

Los niveles de autonomía de estas armas son muy dispares, siendo el de mayor independencia aquel en el que no se necesita la intervención del humano en ninguno de los procesos, ni tan siquiera en la elección del objetivo. Esto crea un conflicto ético, debido a que una máquina puede decidir la muerte de un humano.

La Convención sobre Ciertas Armas Letales, dependiente de la ONU, además de organizaciones civiles internacionales, están llevando a cabo esfuerzos para su prohibición, pero los países que ya las están desarrollando, entre los que se encuentran Estados Unidos y Rusia, no son partidarios del veto. Por el momento, la única conclusión a la que se ha llegado es que no se realizará una prohibición absoluta.

Históricamente se ha demostrado que la principal consecuencia de la prohibición de armas de destrucción masiva, y las armas autónomas llegarán a serlo en un futuro no muy lejano, es que estas acaben en manos de países poco fiables o en organizaciones paramilitares o terroristas que hagan un uso nefasto de estas. «Poner puertas al campo» nunca ha sido una sabia decisión, siendo más efectiva su regulación y vigilancia.

*José Luis Aznar Lahoz**

Teniente coronel del Ejército de Tierra.
Jefatura de Sistemas de Información y Telecomunicaciones de las FF. AA.