

# LA GESTIÓN DE LAS CAPACIDADES HUMANAS, FACTOR CLAVE EN LA CUARTA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL

Francisco LAMAS LÓPEZ  
Doctor ingeniero ENPC ParisTech



(Ing.)



STE ensayo, más argumentativo que científico, ha sido redactado mientras un robot-aspiradora planifica cuándo hacer la siguiente limpieza de mi salón, una *app* de comida a domicilio me la traerá desde un restaurante, un portal de logística de internet me ha sugerido la compra semanal del supermercado y las noticias interesantes del día me las proporciona un conocido buscador. Todo ello en el mismo momento en que tengo la posibilidad de realizar tareas de mi trabajo desde casa como si estuviera en mi puesto físico.

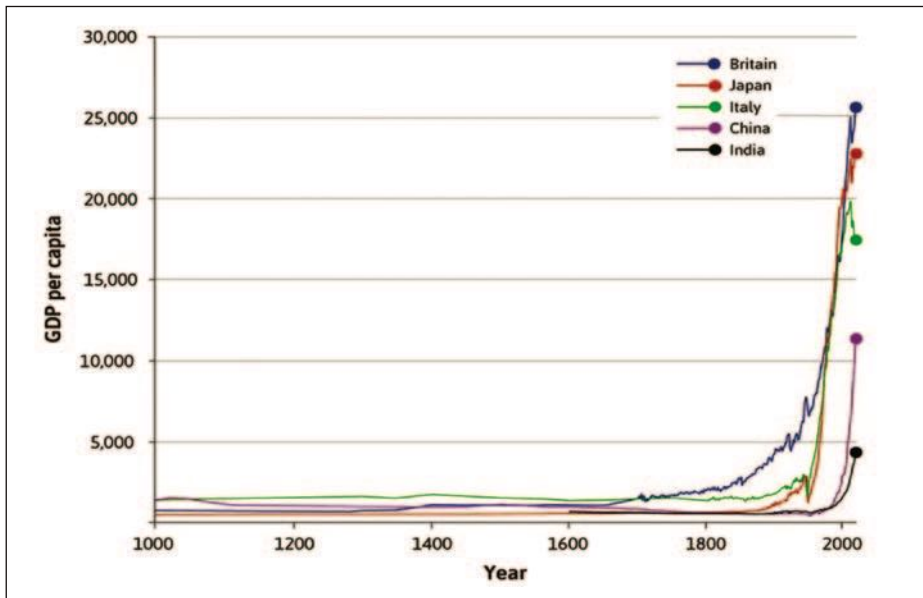
## Antecedentes

Nos han programado para pensar que lo lógico es que el marino hable de navegación, el médico de medicina y el ingeniero de ingeniería. Y es cierto cuando se trata de la aplicación de un proceso ya establecido o consensuado (considerando estancas las disciplinas). Solemos encasillar los conocimientos en ramas; a nuestro cerebro le parece lógico. Sin embargo, comienza a complicarse la interacción entre campos de conocimiento. Casi siempre que hay un avance, discusión o novedad en algún proceso de nuestro entorno, este se ha logrado por la interacción o cruce entre disciplinas y el estudio de lo desconocido o impredecible. En el siglo XXI, puede que las personas seamos cada vez menos útiles para la simple aplicación de algo ya establecido, es decir, para repetir procesos o «superespecializarse» en alguna materia a base de adquirir o memorizar experiencias. Hemos conseguido desarrollar componentes con más memoria que nosotros, con mayor capacidad para realizar tareas repetitivas que siguen normas lógicas sin equivocarse en lo programa-

do, que están interconectados entre ellos y además no se agotan si se les suministra la debida energía. Tenemos elementos conectados con cierta capacidad de computación hasta en nuestra muñeca, que permiten que ciertas empresas conozcan nuestros patrones de comportamiento (actividad física, sueño, intereses de lectura...), incluso mejor que nosotros.

Nos adentramos en la cuarta revolución industrial, un cambio radical en nuestra forma de interactuar y organizarnos como sociedad. Estamos inmersos en la era del *Internet of Things*, IoT, el Internet de las Cosas.

Hasta el momento ha habido tres grandes revoluciones industriales. La primera, a finales del siglo XVIII y principios del XIX, con la invención de la máquina de vapor, la mecanización de trabajos (que hasta entonces eran realizados enteramente por personas sin ayuda de máquinas) y el establecimiento de redes de transporte ferroviario que agilizaron el comercio hacia las zonas más industrializadas de cada país. La segunda, a partir del tercer cuarto del siglo XIX, con el descubrimiento de la electricidad y su aplicación en las ciudades y en los procesos de fabricación. La tercera, pasada la mitad del



Evolución del PIB per cápita mundial en distintos países y el impacto de las revoluciones industriales (1).

(1) JUTTA, Bolt; INKLAAR, Robert; DE JONG, Herman; LUITEN VAN ZANDEN, Jan (2018): «Rebasing ‘Maddison’: new income comparisons and the shape of long-run economic development», *Maddison Project Working, Paper 10*.

siglo XX, con la invención de los controladores programables lógicos y la aparición de los ordenadores para apoyar en la gestión de la información y planear tareas basadas en reglas. Cada una de ellas ha cambiado totalmente los procesos de trabajo existentes hasta su llegada. Nadie entendería actualmente que las calles siguiesen iluminadas por gas o que las cuentas de nuestra sucursal bancaria se gestionaran en papel y máquina de escribir.

Bien, hasta ahora sabemos que cada revolución industrial ha traído consigo miedos ante el cambio, pero también mejoras colectivas: reducción de la pobreza a nivel global (2) y un crecimiento exponencial de la sociedad. Además, han supuesto una oportunidad de oro para los pioneros en cada una de ellas, aquellos que quisieron adelantarse a su época y realizaron inversiones en sus regiones basadas en industrias de reciente desarrollo o anexas (ferrocarril, minería, banca), los que desarrollaron invenciones relacionadas con las nuevas tecnologías (la bombilla, el telégrafo, el submarino del teniente de navío Isaac Peral) o los que afrontaron la reconversión de sus negocios antes que la competencia (automatización de las plantas de producción automovilística, digitalización de industrias preexistentes). Ahora las preguntas que se plantean, y que se responderán parcialmente en las conclusiones, son: ¿con qué retos y cambios tendremos que lidiar en esta revolución 4.0?, ¿cuáles son los aspectos que van a afectarnos desde el punto de vista humano?, ¿va a seguir existiendo nuestro trabajo tal y como lo conocemos?

En este breve artículo solo se intenta mostrar la punta del iceberg de algunas cuestiones que nos vienen por la proa en cuanto a utilización del talento humano en instituciones públicas o privadas, así como los cambios que seguramente abordaremos en la manera de formarnos y adecuarnos a tareas o profesiones que aún no existen. El mundo es cada vez más cambiante, y los que antes se adaptan a las nuevas reglas vencerán, lograrán sus objetivos.

En principio, no hay motivos para ser pesimistas a largo plazo ante esta nueva revolución, vistas las consecuencias de las anteriores.

## **Aceptación de los cambios, adaptación de la sociedad**

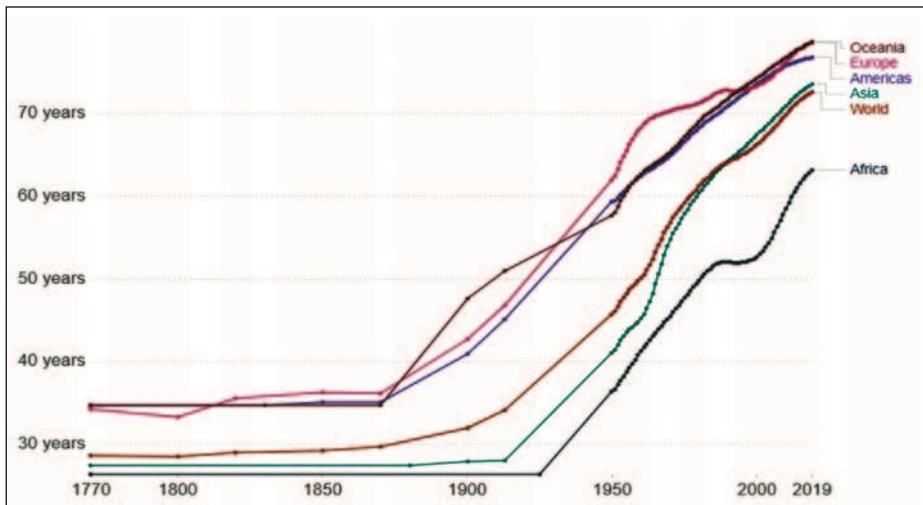
Los cambios que trae consigo una revolución no aparecen un día concreto, sino que se gestan a lo largo del tiempo. En este caso, los acontecimientos más notables han sido la generalización del acceso a internet y la interacción de las personas a través de *smartphones*. Es decir, desde que apareció el primer iPhone (allá por 2007) tomamos un rumbo sin vuelta atrás hacia un nuevo orden. Generamos infinidad de datos que pueden utilizarse tanto para

---

(2) BOURGUIGNON, François; MORRISSON, Christian (2002): «Inequality Among World Citizens: 1820-1992», *The American Economic Review*, September, pp. 727-744.

optimizar nuestras compras en base a nuestros gustos como para que nuestro coche transite de forma autónoma, o incluso para agilizar las gestiones de un ciudadano con los servicios ofrecidos por su administración. Por lo tanto, la revolución ya comenzó, por lo que ya deberíamos ser conscientes de los cambios que están por venir.

Debemos replantearnos nuestro papel en la sociedad, entendiendo esta como una comunidad física, virtual e interactiva con nuestro entorno (3). El objetivo es sobrevivir, y esto último recae sobre la adaptación. No es simplemente fuerza bruta la que hace que alguien sobreviva a un entorno cambiante o complejo como el que plantea la cuarta revolución industrial, sino la forma en que afronta convivir con las nuevas normas. Por ejemplo, dentro de la familia de los felinos (*Felidae*) a todos se nos viene a la cabeza quién podría ser uno de los más «fuertes», el león (*Panthera leo*), pero no por ello se encuentra en mejor posición que los gatos (*Felis silvestris*), ya que el primero está «amenazado», mientras que el segundo no afronta mayor preocupación por asegurar su especie. La mayor diferencia entre ellos es la adaptación a un entorno cambiante para conseguir lo necesario para vivir; mientras el león únicamente caza en territorios muy limitados, el gato, además de cazar, es capaz de aprovechar ciertas oportunidades que le brindan otras especies, como los humanos.



Evolución de la esperanza de vida en distintos continentes.

(3) ROMM, C.; PLISKIN, N.; CLARKE, R.: «Virtual communities and society: Toward an integrative three phase model», *International Journal of Information Management*, vol. 17, Issue 4, 1997, pp. 261-270, ISSN 0268-4012, [https://doi.org/10.1016/S0268-4012\(97\)00004-2](https://doi.org/10.1016/S0268-4012(97)00004-2).

En este último siglo, con los cambios en nuestra alimentación, entre otros, hemos conseguido tener una mayor esperanza de vida, como se ve en el gráfico anterior (4). Nuestro cuerpo se ha adaptado al nuevo entorno, aunque es cierto que el ser humano evoluciona en sus comportamientos más lentamente que la tecnología que le rodea, y conserva —heredadas de nuestros antepasados— conductas y necesidades que le fueron útiles en su momento, durante la adaptación evolutiva de nuestra especie, pero que hay que encajar en este nuevo mundo. Un ejemplo es el estrés que produce la hiperconectividad (5) en las redes sociales en algunos sectores por la necesidad de adquirir nueva información constantemente —mayor de la que podemos absorber— y a la vez exponer estas acciones a un público cada vez mayor (6).

Toda esta adaptación será más palpable cuando gran parte de los procesos de producción comiencen a ser asumidos por elementos autónomos e interconectados entre sí, con una capacidad de computación conjunta en crecimiento (7). Desaparecerán profesiones que hasta ahora eran habituales (8), como administrativo, auxiliar de cocina o gestor de ventas a domicilio. En un primer abordaje, las tareas que sobrevivirán —por ser menos susceptibles de automatizarse en un primer momento— serán aquellas que requieran de inteligencia social, empatía, creatividad, percepción o de una manipulación específica. Ninguna profesión se librará de ser asistida por robots para mejorar sus capacidades (como los brazos biónicos para cirujanos).

La revolución 4.0 lleva aparejados cambios en todos los sectores, incluido el de Defensa. Esto va a producir desequilibrios en los actores de cada uno de ellos en función del grado de adaptabilidad de la empresa/institución dentro de los márgenes de maniobra existentes —los compromisos previos o costes fijos de personal, entre otros, van a impactar mucho en esta capacidad—. Por ejemplo, en el sector de la logística, ya estamos viendo cómo actores conven-

---

(4) ROSER, Max; ORTIZ-OSPINA, Esteban and RITCHIE, Hannah: (2013): «Life Expectancy», <https://ourworldindata.org/life-expectancy>.

(5) D. GRIFFITHS, Mark D.; KUSS, Daria J.; DEMETROVICS, Zsolt: «Social Networking Addiction: An Overview of Preliminary Findings», Chapter 6. *Academic Press. Behavioral Addictions, Criteria, Evidence, and Treatment*, 2014, pp. 119-141 (editores Kenneth Paul Rosenberg y Laura Curtiss Feder). ISBN 9780124077249.

(6) FABRIS, M. A.; MARENGO, D.; LONGOBARDI, C.; SETTANNI, M.: «Investigating the links between fear of missing out, social media addiction, and emotional symptoms in adolescence: The role of stress associated with neglect and negative reactions on social media». *Addictive Behaviors*, vol. 106: 106364, 2020, ISSN 0306-4603, <https://doi.org/10.1016/j.addbeh.2020.106364>.

(7) LANGLEY, David J.; VAN DOORN, Jenny; C. L. NG, Irene; STIEGLITZ, Stefan; LAZOVIK, Alexander; BOONSTRA, Albert: «The Internet of Everything: Smart things and their impact on business models», *Journal of Business Research*, 2020. ISSN 0148-2963.

(8) BENEDIKT FREY, Carl; OSBORNE, Michael A.: «The future of employment: How susceptible are jobs to computerisation?». *Technological Forecasting and Social Change*, vol. 114, pp. 254-280, 2017. ISSN 0040-1625.

cionales —basados en tienda física, como grandes almacenes— se adaptan para competir con los plenamente digitales (venta por internet), que ganan cada vez más cuota de mercado, debido, entre otras cosas, a una mejor gestión de la información generada por cada usuario.

Los vectores de cambio que condicionan esta necesaria adaptación en nuestras organizaciones/instituciones son los siguientes (9):

- Incremento de la longevidad de las personas: condiciona la gestión de los perfiles de carrera y el aprendizaje (y otros factores como la lealtad a la empresa).
- Aparición de máquinas «inteligentes»: posible automatización de puestos de trabajo en tareas repetitivas o que requieran de mayor memoria que la humana (permitiendo cooperación directa entre ellas).
- Hiperconectividad de nodos: IoT, sensores y mayor capacidad de procesamiento de datos en todos los campos de la actividad humana e industrial.
- Nuevas necesidades de comunicación: evolución de los medios y canales de comunicación masiva capaces de influir en la opinión de las masas sobre una organización o acción concreta. Comunicaciones humanas (pequeña/gran escala) posibles por más canales, permitiendo el teletrabajo en más de un 30 por 100 de los puestos (10).
- Organizaciones superestructuradas: las nuevas tecnologías fuerzan a novedosas maneras de producción, a reorganizar la estructura orgánica/funcional y a modificar la forma de crear valores para poder competir (o combatir).

Aunque no se debe caer en el pesimismo, hay que prepararse y adelantarse a la competencia (o enemigo) ante los cambios que se avecinan y analizar los actores que mayores transformaciones van a absorber en los próximos años, personas y máquinas.

## Capacidades humanas vs. ordenadores

El activo principal de la mayoría de las instituciones actuales (empresa privada y administración) sigue siendo la fuerza humana (el *workforce*) y las capacidades que la integran. Si se sacaran de la ecuación, su valor decaería.

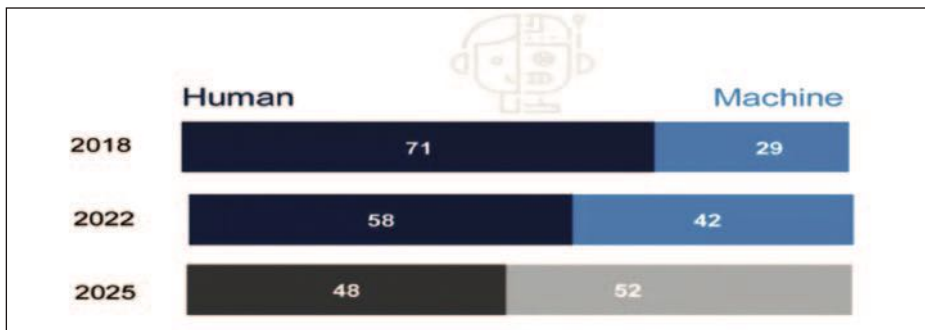
---

(9) DAVIES, Anna; FIDLER, Devin; GORBIS, Marina (2020): *Future Work Skills 2020*. Institute for the Future for the University of Phoenix Research Institute.

(10) ANGHEL, Brindusa; COZZOLINO, M.; LACUESTA, A. (2020): Artículos analíticos, 2/2020, «El Teletrabajo en España». *Boletín Económico del Banco de España*.

Las personas constituyen la base de la organización, la energía en el desarrollo y la innovación, son los mantenedores de sus sistemas y la cimentación de sus procedimientos internos de decisión y acción.

Sin embargo, los ordenadores (como concepto general, nos referimos a máquinas o robots con distinto grado de autonomía en sus tareas) van teniendo cada vez más peso en las organizaciones y en el porcentaje del trabajo realizado (los procesos de trabajo, de decisión y acción evolucionan en todos los campos). En la última década, su capacidad de computación ha crecido de forma exponencial, a la par que se abaratan los costes de materiales y de fabricación (ya fue prevista esta evolución exponencial desde principios de 2000) (11) (12).



Evolución prevista de ratio (%) humanos/máquinas en tareas industriales (13).

Las interacciones con las máquinas autónomas no van a venir en una única oleada. Hay trabajos que son más fácilmente automatizables en un primer momento, como por ejemplo los servicios financieros; sin embargo, hay otros en los que en unos diez años más del 50 por 100 de sus puestos corren riesgo de ser totalmente reemplazados por máquinas, como los del sector del transporte (14). Están comenzando a desarrollarse drones plenamente operativos, tanto por carreteras como por rutas aéreas o incluso marítimas —civiles y de

(11) MORAVEC, Hans (2000): «Robots, Re-Evolving Mind». Carnegie Mellon University Robotics Institute. December 2000, <http://www.frc.ri.cmu.edu/~hpm/project.archive/robot.papers/2000/Cerebrum.html>.

(12) POPPER, J., et al.: «Artificial intelligence across industries». *IEC Whitepaper*. October 2018.

(13) «The Future of Jobs Report 2018». *World Economic Forum*. Centre for the New Economy and Society.

(14) HAWKSWORTH, J.; BERRIMAN, R. (2018): «Will robots really steal our jobs?». *PWC Report*, <https://www.pwc.co.uk/economic-services/assets/international-impact-of-automation-feb-2018.pdf>.

Defensa—, con menores tasas de accidentes en los que alcanzan grados de desarrollo suficientemente maduros, muy a tener en cuenta, ya que más de un 90 por 100 de los accidentes de tráfico en Estados Unidos tienen su origen en el fallo humano (15), y una máquina, en situaciones ya entrenadas o previsibles, reacciona mejor que una persona. Algunos aspectos imbatibles de las máquinas son:

- Realizar trabajos repetitivos (con casuísticas predecibles).
- Gestionar mayor memoria que las personas.
- Computar grandes cantidades de datos repartidos en distintos nodos.
- Ejecutar órdenes ciegamente.
- Poseer una energía estable si no hay variación en el suministro (no se cansan).

Aunque, teniendo en cuenta los cambios a los que nos enfrentamos, hay capacidades humanas que van a ser cada vez más necesarias y por el momento no van a poder ser asumibles por ordenadores (adaptados de *Davies et al.*, ver nota 9) y que además concuerdan con las más demandadas (según *Langley et al.*, ver nota 7):

- Habilidades creativas: diseño de nuevos procesos para obtener determinados resultados.
- Interdisciplinaridad: capacidad de cruzar conocimientos en distintas competencias.
- Colaboración virtual: habilidades de interacción con un equipo virtual y demostrar presencia y compromiso.
- Gestión de carga cognitiva: discriminar y filtrar la información según su importancia para maximizar el funcionamiento cognitivo (pensamiento crítico).
- Pensamiento computacional y adaptativo: capacidad de traducir datos en conceptos abstractos y comprender los razonamientos basados en ellos, adaptar soluciones fuera de las normas establecidas y resolver problemas no predecibles.
- Comunicación moderna: participación en la creación de contenidos adaptados a los nuevos medios de comunicación social basados en hiperconectividad.
- Competencias interculturales: capacidad de operar según los distintos códigos culturales.

---

(15) «Critical Reasons for Crashes Investigated in the National Motor Vehicle Crash Causation Survey». *NHTSA: Traffic Safety Facts*. February 2015. US Department of Transportation. National Highway Traffic Safety Administration.



- Inteligencia social: conectar con otros de una forma directa y profunda. Estimular reacciones, emociones e interacciones.

Vamos a vivir varias oleadas de rediseño y renovación de cada puesto de trabajo planteado en cuanto al uso de técnicas ligadas a la inteligencia artificial antes de la «automatización total». La primera será principalmente algorítmica y procesará las posibilidades de reacción de las máquinas en cada empleo. Para la excelencia en el proceso de «algoritmización analítica» se requiere algo más que buenas capacidades en análisis numérico/sistémico, ya que se necesitará lo que entendíamos como ingenieros, filósofos, sociólogos, juristas... y todo esto estará relacionado con las nuevas capacidades humanas necesarias en esta nueva época que se abre.

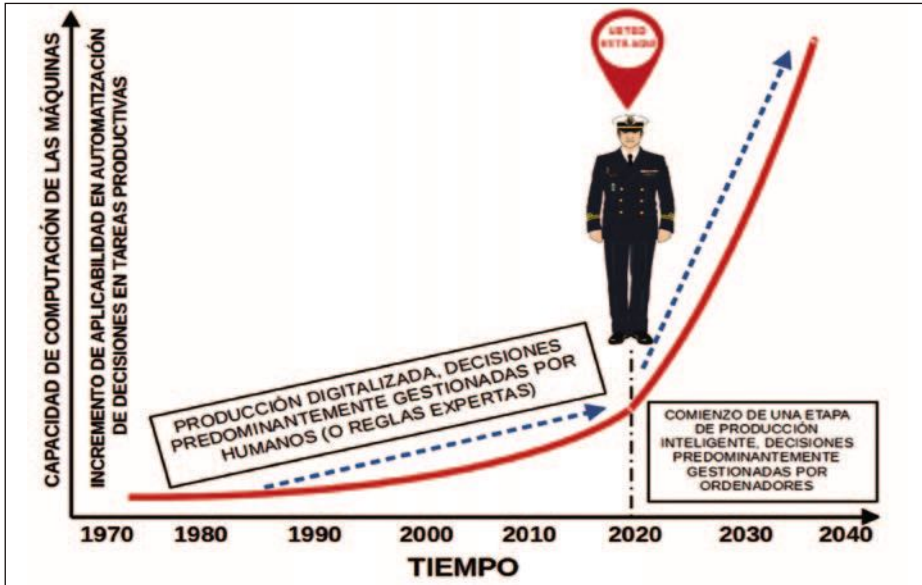
Y ¿dónde debemos adquirir esas competencias que cada vez serán más necesarias e interconectadas? ¿Las organizaciones las tendrán en cuenta a tiempo en sus procesos o se adaptarán demasiado tarde para ser competitivas?

### **Sistemas de formación humana rígidos y obsoletos**

Hasta ahora se ha hecho un resumen de los conceptos que pueden resultar-nos familiares por la actualidad del 4.0. Pero en esta sección se llega al *core* del asunto, la formación humana y cómo conseguirla:

- Preparando a las personas en las habilidades que se requieran para complementar a las máquinas.
- Incluyéndolas en nuestras organizaciones para que personas y máquinas puedan desarrollar las labores de cada puesto definido de forma más eficiente: adaptar los puestos de trabajo.

Mucho ha progresado el uso de la «automatización en la decisión» desde que en España, en sus inicios, personajes como el ingeniero de Caminos Leonardo Torres Quevedo desarrollara en 1912 la primera máquina analógica capaz de tomar decisiones jugando al ajedrez — «El Ajedrecista», aún expuesta en el Museo Torres Quevedo en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos de la Universidad Politécnica de Madrid, el primer «videojuego» de la historia—, utilizando técnicas ligadas a distintas ramas del conocimiento (principalmente las Matemáticas, base de su formación). La evolución es exponencial; las máquinas cada vez adquieren mayor capacidad de computación, se abaratan los costes de adquisición de elementos de procesado y la aplicabilidad técnica de toma de decisiones es cada vez más aplicable sobre los puestos de trabajo en las empresas actuales, desde la caja del supermercado, los sistemas de decisión financieros en banca, los surtidores de las gasolineras o la conducción autónoma de ciertos drones. Las deci-



Evolución prevista de la aplicabilidad de las máquinas para la automatización de decisiones intermedias en tareas productivas. (Gráfico facilitado por el autor).

siones intermedias comienzan a ser llevadas a cabo por máquinas que asisten a las personas en las decisiones estratégicas y generales.

El problema de los sistemas de formación actuales — desde primaria hasta la universidad e incluso de posgrado — es que son demasiado rígidos y mecánicos e impiden al individuo desarrollar las capacidades que podrían hacerle complementario con las máquinas.

En Occidente principalmente — exceptuando ciertos países escandinavos y anglosajones —, los currículos en general se establecen de forma única para todo el alumnado, sin permitir más que unos cuantos créditos de libre elección sin demasiado peso global. Este problema se ha venido documentando desde hace más de 20 años (16). Por ejemplo, en España, cada facultad/escuela universitaria no tiene un peso específico en la forma de moldear la manera de pensar y razonar de sus alumnos, darles una impronta característica (escuelas de ingenieros como ICAI, o incluso las academias/escuelas militares como la ENM si lo consiguen). Esto si es un objetivo de nuestros vecinos franceses (en sus sistemas de escuelas de Ingeniería, las hay más generalistas, como la École

(16) UNESCO: Academic Freedom and University Autonomy, CEPES Papers on Higher Education, 5-7 May 1992, Proceedings of the International Conference Sinaia, Romania. (Bucharest).

Polytechnique o Centrale; otras más técnicas, e incluso las orientadas directamente a investigación de base, como la ENS-Ulm; y aun siendo públicas, cada una tiene su concurso de acceso particular para escoger alumnos de perfiles similares) (17). Sin embargo, aquí en España se persigue una homogeneidad por títulos que aseguren la impartición de unos temarios concretos. Pero en general, en Europa, estamos intentando desde el siglo XIX formar personas para realizar tareas repetitivas y tomar decisiones en base a normas y experiencias propias, asemejándolas a las de un robot, con el objetivo de conseguir mejores resultados. Esta enseñanza está orientada a la empleabilidad futura, no al desarrollo de las capacidades humanas, lo que sitúa a la industria en una posición de cierto riesgo con la llegada de la decisión automatizada.

En sistemas como el español (donde no importa dónde se ha obtenido un título, sino el real decreto que describe sus contenidos/temario), se pierde la oportunidad de aprovechar profesores especialistas en diversos campos para formar a sus alumnos en determinadas capacidades humanas; se considera de entrada que todos tienen las mismas capacidades de base (de interacción en equipo, de negociación, de solución de problemas...), erosionando el desarrollo de otras, como la creatividad o la interdisciplinaridad en aras de poder complementar a las máquinas en medio plazo. Las evaluaciones del sistema de educación español están basadas en calificaciones en función de si se alcanzan o no ciertas capacidades de resolución en un momento concreto, habilidades mecánicas muchas de ellas basadas en la memorización y ya obsoletas en el siglo XXI, porque en memoria y en cálculo nos han ganado los ordenadores, no hay vuelta atrás. Tenemos que servirnos de ellos para ser competitivos y vencer. No hay nada que hacer. Aunque me aprenda las capitales de todos los países o los ríos de España, *Siri* es capaz de decirme en menos de 0,5 segundos hasta los metros cúbicos que transportó el *Miño* el año pasado o cuál fue la capital mundial con mayor tránsito de migrantes entre 2011 y 2014. ¿Tal vez sea más útil enseñar qué es una capital o cómo definir río? Pues tampoco, pues hay miles de definiciones en internet de cada una de ellas. Ahora el problema es identificar, argumentar, validar hipótesis previas, y esto no es técnica propiamente dicha, esto es filosofía, son tareas meramente humanas. Aprovechar nuestra capacidad de raciocinio ante lo impredecible (intuición), nuestra consciencia y empatía, es lo que nos hace diferentes a las máquinas. Si estas cualidades son necesarias en nuestro puesto, no hay máquina que pueda llegar a suplantarnos a día de hoy, pero sí pueden hacernos más eficientes.

---

(17) Chambre de commerce et d'industrie de IDF, 2015. «Les concours des Ecoles d'Ingénieurs 2015». *CCI Paris Ile-de-France/BIOP*, febrero 2015, 14 pp., [https://www.cci-paris-idf.fr/sites/default/files/biop/pdf/documents/2015-2\\_ecoles\\_ingenieurs.pdf](https://www.cci-paris-idf.fr/sites/default/files/biop/pdf/documents/2015-2_ecoles_ingenieurs.pdf).

Para no quedarnos en la cola en esta revolución debemos adaptarnos antes de que sea demasiado tarde, tanto en la formación y reeducación de personal ya inmerso en mercado laboral como en la progresiva redefinición de puestos de trabajo. Las instituciones deben definir una estrategia clara a medio/largo plazo en la automatización (y posible reestructuración) de sus sistemas para hacerlos más eficientes.

Para conseguir esa formación, actualmente disponemos de cinco niveles principales en la enseñanza:

- Primaria y secundaria: formación de base obligatoria, generalista.
- Técnica y profesional: labores técnicas de maestro de oficio. Formación en tareas repetitivas, que en muchos casos son susceptibles a medio/largo plazo de ser sustituidas por máquinas en gran parte de sus procesos. Hará falta que las personas apoyen las tareas de las máquinas para resolver imprevistos.
- Grados universitarios: certifican capacidades de aplicación/revisión de técnicas y procedimientos ya consensuados por las normas y que se centran en una rama del conocimiento. Aquí se adquieren las capacidades de base de la especialidad en cuestión (lo que podría ser el análisis numérico en las ingenierías o las bases de comportamiento biológico/molecular en las sanitarias, por ejemplo).
- Másteres universitarios: otorgan habilidades para discernir y discutir hipótesis planteadas y llegar a aplicarlas en situaciones distintas a la original. Aun centrándose específicamente en una especialidad, las habilidades de discusión científica obtenidas por el alumnado le permiten ser razonadamente crítico con exposiciones científicas que utilicen competencias equivalentes de base técnica (las que obtuvieron en los primeros cursos de sus respectivos grados).
- Doctorados universitarios: se conceden tras haber desarrollado la justificación de unas hipótesis iniciales que aún no han sido probadas, utilizando el método científico. Si bien están aparejados a una especialidad en una rama de la ciencia, las técnicas que se utilizan suelen, en la mayoría de casos, envolver otras asociadas a múltiples especialidades. En países de nuestro entorno se denominan PhD (*Philosophia doctor*), aludiendo al carácter filosófico intrínseco a la necesidad de justificación y argumentación científica.

Esta estructuración da a entender que la mayor parte de la formación está centrada en la empleabilidad y aplicación de técnicas ya demostradas; la mayoría de ellas —exceptuando el doctorado— se evalúan casi únicamente por medio de exámenes, demasiado lineales y poco adaptativos en sus métodos para poder valorar correctamente a cada alumno en sus capacidades. Por otra parte, estas no tienen por qué necesitar de un aprendizaje para que aflo-

ren, como lo han podido demostrar líderes que han revolucionado las técnicas, como Steve Jobs, Bill Gates, Ma Yun, Elon Musk o Jeff Bezos —en España tenemos ejemplos que han aunado habilidades de distintas ramas: Isaac Peral en electricidad y navegación, o Amancio Ortega en logística y producción textil—. Lo que tienen en común todos ellos son unas capacidades creativas, de organización, de comunicación y de liderazgo que se pueden llegar a entrenar. Como todos los genios, estas personas han sido capaces de mezclar conocimientos de distintas especialidades.

Si la base técnica es buena —como lo son las Matemáticas para los ingenieros—, adaptarse a un campo concreto es relativamente fácil. De hecho, las asignaturas de especialidad —por ejemplo «Puentes» para un ingeniero de Caminos o «Submarinos» para un ingeniero naval— son cuatrimestrales en el mejor de los casos y en ningún momento convierten en «especialista» a alguien. Suelen ser un barniz rápido, poco usado en algunas ocasiones. Ahora con una búsqueda en Google obtenemos más información de la que nos pudieron dar en aquella asignatura de cuatro créditos. Lo que necesitamos es justamente pensamiento crítico y buena base técnica para asimilarlo.

## ¡Bienvenidos a la era de las humanidades!

Luis XIV mandó conformar en 1689 tres compañías de guardiamarinas (*gardes de la Marine*) para la Marina Real de Francia, en *L'Ordonnance pour les armées navales et arsenaux de marine*, y encomendó a los padres jesuitas la enseñanza de los alumnos, que se enfocó en los estudios meramente técnicos, insistiendo en que «la formación tenía que ser más práctica y profesional que humanística» (18) (19). La única maquinaria al mando de toda labor técnica a bordo era entonces humana, había que centrarse en lo puramente tecnológico para poder navegar.

Ya que las enseñanzas hoy en día están enfocadas a la posterior empleabilidad (las formaciones otorgan capacidades que en parte son altamente sustituibles por máquinas), las de humanidades han ido poco a poco relegándose a segundo plano —por ejemplo, la Filosofía— porque no enseñaban técnicas concretas para ser aplicadas en tareas productivas. Ni siquiera asignaturas ligadas a estas ramas en la formación básica han resistido a la corriente pragmática en muchos de los sistemas educativos occidentales y han terminado desapareciendo en algunos de los currículos de nuestros bachilleres. Sin embargo, actualmente no es raro ver licenciados en Filosofía trabajando con científicos

---

(18) DAINVILLE, François de: «L'instruction des Gardes de la Marine à Brest en 1692». *Revue d'histoire des sciences et de leurs applications*, 1956, vol. 9, n.º 4, pp. 323-338.

(19) ZAFRA, E. (2018): *Doblehombre en Cartagena de Indias*. JM Ediciones.

de datos encargados de hacer algoritmia «inteligente». En las decisiones de las máquinas hay cuestiones éticas que deben plantearse y que van a afectar a la población. Las personas hemos nacido para pensar, nuestra consciencia y capacidad de razonar nos hacen diferentes a las máquinas que somos capaces de fabricar para ayudarnos en nuestras decisiones. Nos movemos por las emociones, los sentimientos.

Gracias a los avances en tecnologías de la información, tenemos más recursos para perfeccionar las capacidades de las máquinas, optimizar métodos y crear nuevas soluciones a problemas actuales. En definitiva, más tiempo para pensar y menos para tareas repetitivas de producción. Debemos utilizar las capacidades que mejor se adapten a nuestras habilidades.

Las áreas de recursos humanos de organizaciones y administraciones tienen retos interesantes por la proa: gestionar la motivación y a la vez obtener lo mejor del tándem humano-máquina; conseguir que las personas sean lo suficientemente creativas y trabajen en equipos interdisciplinarios para crear productos disruptores y dar servicios más eficientes, lo que se traducirá en una educación mejor, más salud y mejores servicios de seguridad ciudadana. La definición de puestos de trabajo y las habilidades asociadas a cada uno evolucionarán para adecuarse a un nuevo marco, en el que las ramas del conocimiento estarán cada vez más mezcladas y las máquinas asumirán gran carga de las tareas más repetitivas que requieran más memoria o capacidad de computación, con gran número de variables, influyendo en un resultado concreto (predicción del comportamiento humano, de los errores de una máquina, optimización de la red logística...). De esta forma, se valorará a las personas de forma diferente a como veníamos haciendo hasta ahora y hará que los equipos se complementen unos a otros en sus habilidades en aras de un objetivo común. Esta detección y valoración es un reto en sí mismo.

## Conclusiones

Entramos en una etapa en la que hasta para conseguir una hipoteca dependemos de una máquina que integra gran cantidad de parámetros en su cálculo. Los ordenadores van a ser capaces de computar cada vez más *inputs* para tomar sus decisiones. Y, sin embargo, seguimos formando a las personas para que realicen tareas como si fueran ordenadores (memorizar, aplicar reglas ciegamente, «superespecializarse», hacer tareas repetitivas...).

Ahora podemos abordar algunas de las cuestiones planteadas anteriormente:

- Tenemos que adaptarnos para cooperar con las tareas que se van a asignar a máquinas y optimizar los procesos de producción y de servicios de las administraciones, y reorganizar nuestras estructuras de

producción y de formación. Algunos de los retos inmediatos a los que nos enfrentamos son la evaluación de las personas por sus habilidades humanas, más allá de lo puramente técnico. Debemos establecer nuevos métodos de formación que complementen lo humano y lo técnico.

- Tenemos que asumir que las máquinas van a tener más memoria que nosotros, van a integrar mayor cantidad de variables en sus decisiones y además están interconectadas entre sí. Sin embargo, nos toca a nosotros escoger el rumbo, tomar decisiones estratégicas en las que el pensamiento crítico, la intuición, la creatividad y la interdisciplinariedad juegan un papel capital.
- Estamos formando a los jóvenes de hoy sin conocer exactamente qué se les va a requerir en sus puestos de trabajo futuros. Solo una minoría no tendrá que adaptarse a la revolución, lo que supone una intromisión de las máquinas inteligentes en nuestros procesos. Tendremos que reinventarnos varias veces a lo largo de nuestra carrera profesional, ya que el mercado laboral va a ser más cambiante de lo que ha sido hasta ahora. Por eso es tan importante la interdisciplinariedad y tener una visión general y de base sobre los problemas técnicos. Las máquinas van a quitarnos puestos de trabajo, pero a medio plazo se van a generar otros relacionados con las nuevas tecnologías que aún no podemos ni intuir, como ocurrió en revoluciones anteriores.

Conforme se van respondiendo parcialmente estas cuestiones iniciales, nos surgen otras nuevas. Estamos inmersos desde hace al menos 13 años en esta revolución, aunque ahora sea cada vez más visible. Adaptar la formación y las estructuras de nuestras organizaciones va a permitir que se siga generando riqueza, que haya menos desequilibrios en la sociedad 4.0 y que, gracias a las máquinas, nos podamos centrar más en ser cada vez más humanos, a pensar más y a dedicarnos menos a tareas repetitivas. Esta revolución va a permitir que la idiosincrasia de cada país se vea reflejada en la estructura productiva que se genere con ayuda de las máquinas. Y, ante todo, España ha de proyectar al exterior una inquebrantable voluntad de vencer a los retos que plantea esta revolución 4.0.





La fragata *Navarra* al amanecer en la Base Naval de Rota, enero de 2021. (Foto: Federico Supervielle Bergés).

