

MÁS ALLÁ DE 2001: ODISEAS DE LA INTELIGENCIA



CASTILLA Y LEÓN



Telefónica
FUNDACIÓN

MUSEO
DE LA
EVOLUCIÓN
HUMANA


Junta de
Castilla y León

MÁS ALLÁ DE 2001: ODISEAS DE LA INTELIGENCIA

Museo de la Evolución Humana (Burgos)

Claudia Giannetti, Comisaria

EXPOSICIÓN TEMPORAL

Sala de exposiciones temporales, planta -1

De abril a diciembre de 2019

Entrada libre

Visitas didácticas: 13 h y 19 h.

Visitas didácticas para grupos: previa reserva.

Más allá de 2001: Odiseas de la inteligencia

Claudia Giannetti

Esta exposición nos invita a un viaje por los orígenes y la actualidad de la inteligencia humana y de uno de sus proyectos más ambiciosos: la inteligencia artificial (IA).

Nuestros más remotos ancestros crearon instrumentos rudimentarios —tecnologías— de piedras y huesos, que desempeñaron un papel relevante en la supervivencia de la especie. Hoy creamos computadoras y programas de IA, que corroboran el extraordinario avance del conocimiento humano y anuncian importantes transformaciones en nuestras sociedades.

La película que mejor ha trazado esta transición es **2001: Una odisea del espacio**, de Stanley Kubrick, estrenada hace ahora cincuenta años. Muchas han sido las fuentes de inspiración del cineasta, como *La Odisea*, de Homero; *El centinela*, cuento de Arthur C. Clarke; y sobre todo *Así habló Zaratustra*, libro en el que el filósofo Friedrich Nietzsche aborda las tres etapas de la inteligencia humana.

En sus tres episodios —desde las primeras huellas de consciencia y creatividad humanas hasta una posible evolución *transhumana*—, el reparto de los protagonistas de la película incluye tanto al mono humanoide de hace cuatro millones de años que descubre la «primera» arma, como al ordenador superinteligente HAL 9000, la más avanzada tecnología que controla la nave espacial Discovery y a sus tripulantes.

Esta exposición toma *2001* y, sobre todo, la figura de HAL como fuentes de inspiración para articular sus tres ejes temáticos: **El despertar de la inteligencia**, **En el universo de la IA** y **El futuro de las inteligencias y más allá del infinito**. La muestra establece analogías entre escenas de *2001* y una selección de piezas y obras significativas, que permiten descubrir la relación entre seres humanos y máquinas «pensantes». La estructura narrativa se construye en torno a diez preguntas, que plantean aspectos relevantes acerca de la inteligencia humana y de las potencialidades de las tecnologías de IA.

El primer eje temático de la exposición, **El despertar de la inteligencia**, versa sobre los orígenes de nuestra mente simbólica inteligente y la capacidad de invención de instrumentos, propiciada por el complejo funcionamiento del cerebro humano y sus redes neuronales. Las formas de representación del árbol del saber se plasman tanto en pinturas rupestres prehistóricas o en el esquema del siglo XIII del filósofo Ramon Llull, como en los dibujos del árbol de la evolución de Charles Darwin y de las ramificaciones neuronales humanas de Santiago Ramón y Cajal. En la película, la escena más famosa de este primer episodio desvela, en segundos, millones de años de la evolución de la inteligencia humana aplicada a las armas: la elipsis temporal une la maza de hueso lanzada al aire por el primate a la bomba atómica, la inteligencia primitiva a la superinteligencia computacional.

En el universo de la IA —el segundo eje temático— se establecen relaciones entre inventos precursores de la IA, como el *Ajedrecista* (1912 y 1920), de Leonardo Torres Quevedo, y ejemplos actuales de sistemas dotados de las tecnologías más avanzadas de IA, como el aprendizaje automático o las redes neuronales artificiales. En estos queda patente la condición interdisciplinar de la IA y sus nexos con otras ciencias: cibernética, ciencia de materiales, neurociencia, teoría de la información, lógica matemática, lingüística, filosofía, psicología y ciencias sociales. Articulados en torno a ocho preguntas, los enfoques se centran, sobre todo, en los ámbitos del juego, la creatividad, la resolución de problemas, el lenguaje, la visión y las acciones autónomas.

Desde sus inicios, el desarrollo de la IA estuvo vinculado al juego del ajedrez, considerado paradigma de inteligencia: el juego implica un número exorbitante de combinaciones



Pintura rupestre
«Ritual del árbol»
Parque Nacional Serra da Capivara
Sitio Toca da Extrema II,
Piauí, Brasil
h. 3130 a 3500 B.P.

© Fotografía: Archivo FUMDHAM / André Pessoa; Fundación Telefónica
Cortesía de la Fundação do Homem Americano – FUMDHAM, Piauí, Brasil



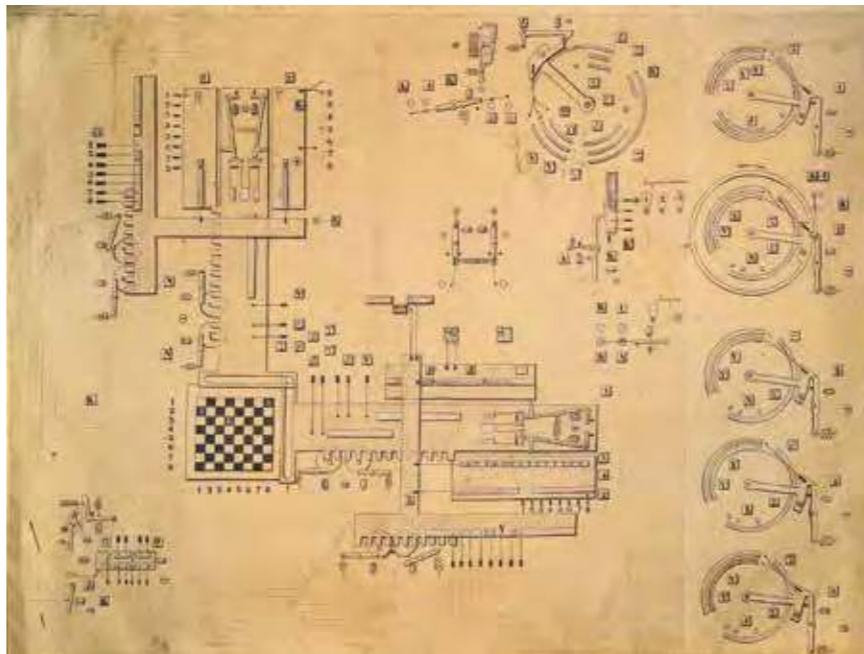
Ramon Llull
Arbor humanalis
(s. XIII), 1515
Grabado xilográfico
(folio 73) del libro *Arbor scientie venerabilis et celtus illuminati patris Raymundi Iullii* [Roma, 1295–1296], edición de François Fradin, Gilbert de Villiers, Guillaume Huyon, Constantin Fradin, 1515

© Biblioteca Nacional de España, Madrid

Leonardo Torres Quevedo

Dibujo técnico del
Ajedrecista, 1912

© Fotografía: Fernando Maquieira;
Cortesía del Museo Leonardo
Torres Quevedo, Escuela Técnica
Superior de Ingenieros de
Caminos, Canales y Puertos.
Universidad Politécnica de Madrid



**Vista del Ajedrecista
(1920) de Leonardo
Torres Quevedo.**

Sala de exposición
Espacio Fundación
Telefónica, Madrid.

© Fundación Telefónica, 2018.

o árbol de decisiones. En 1967, programas informáticos de ajedrez, como MachHack VI, ya eran capaces de vencer a personas. En 1997, la victoria del superordenador de IBM Deep Blue sobre el campeón mundial de ajedrez, Garry Kasparov, marcó un hito en el desarrollo de sistemas dotados de aprendizaje inteligente. Hoy los humanos ya no pueden competir en juegos con programas de IA, como AlphaGo, que se basan en el autoaprendizaje adquirido con tan solo algunos días u horas de entrenamiento.

Aparte de la indagación sobre la posibilidad de que una máquina de IA pueda pensar, las obras expuestas exploran las posibles aptitudes «creativas» de una IA, como las del proyecto *The Next Rembrandt*, cuyo algoritmo pinta un retrato inédito en el estilo del artista neerlandés del siglo XVII.

La instalación *Human Study #1*, de Patrick Tresset (exhibida en esta exposición en la Fundación Telefónica), pone de manifiesto la capacidad de improvisación creativa de una IA. Este sistema híbrido es capaz de generar autónomamente retratos en tiempo real de modelos del natural (personas del público) utilizando un algoritmo de IA para controlar un brazo y una mano robóticos, que ejecutan los dibujos sobre papel con estéticas siempre singulares. Programar sistemas capaces de componer música es otro de los campos precursores en la investigación de IA desde la década de 1950 y también uno de los que más ha avanzado. Actualmente están disponibles *software* que no sólo apoyan los compositores en sus procesos creativos, sino que también pueden componer música de forma autónoma.

Para favorecer la comunicación entre personas y máquinas, los procesamientos del lenguaje natural y del habla son clave para la IA. Por ejemplo, nuestras conversaciones telefónicas con *chatbots* de empresas son cada vez más frecuentes. Estos sistemas ya logran independizarse y escribir libros, poesía o guiones de películas. En 2018, los primeros presentadores virtuales de noticias dotados de IA en China sorprendieron por su capacidad de procesamiento del habla. Tales locutores pueden trabajar sin pausa y en tiempo real las 24 horas del día, reduciendo los costos de producción.

La actuación autónoma de sistemas de IA es sin duda un gran avance, pero también motivo de preocupación. En el ámbito militar, es extenso el desarrollo de armas letales

dotadas de IA, desde robots soldados hasta vehículos autónomos que actúan sin intervención humana. Una nueva táctica militar consiste en ataques selectivos utilizando enjambres de pequeñas unidades autónomas inteligentes y voladoras con carga de munición, que mediante algoritmos de IA son capaces de comunicarse y coordinar sus movimientos sincrónicamente, esquivar sistemas de defensa aérea o planear y ejecutar un ataque conjunto o individualmente. Expertos de todo el mundo ya están alzando su voz para impedir una carrera de armamentos de este tipo, como demuestra la Carta Abierta a las Naciones Unidas sobre Ciertas Armas Convencionales (2015), que alerta sobre una posible tercera revolución armamentística a una escala nunca antes vista. Sus más de un centenar de firmantes de 26 países levantan interrogantes sobre la

legitimidad de decisiones arriesgadas y sin control humano, como la elección del blanco, la proporcionalidad o la necesidad de un ataque mortal, que pueden ser éticamente incompatibles con los derechos humanos. Asimismo alertan sobre su posible empleo por déspotas, *hackers* o terroristas para fines indeseados.

Estos sistemas se basan, en gran parte, en la capacidad de visualizar y extraer informaciones del entorno, de las actividades de objetos, personas o cuerpos, y cruzarlas con datos masivos o *big data* disponibles. El mejor ejemplo encontramos en los dispositivos de videovigilancia, hoy en día instalados en lugares públicos y privados de incontables ciudades del mundo. El documental *China adopta el reconocimiento facial* (Bosonin, Epstein y Chin, 2017) corrobora el efecto de control panóptico de su uso. Así, la policía de aquél país utiliza unas gafas inteligentes para el reconocimiento facial, que actualmente pueden procesar 10.000 rostros en 0,1 segundos e identificar a más de 1.700 millones de personas registradas en su base de datos con una sola mirada y desde cualquier lugar.

Casi sin darnos cuenta, la expansión del uso de la IA ya alcanza diferentes esferas implicadas en actividades de nuestra vida cotidiana, desde la economía y el comercio, pasando por las comunicaciones y el transporte, hasta el ocio, la salud y la educación. Asimismo, la IA está transformando las finanzas y ya controla tres cuartas partes de las operaciones bursátiles en las mayores bolsas de valores del mundo. Sin mediación de personas, estos programas envían órdenes de compra y venta de acciones a una velocidad sobrehumana conforme a parámetros matemáticos y procesamientos automáticos de datos de eventos del mercado. La instalación *Traders*,

de Daito Manabe, se basa en las variaciones de los datos financieros del momento en que tuvo lugar el *flash crash* —un desplome bursátil inesperado y vertiginoso— de la libra esterlina de 2016, provocado por algoritmos de IA. Entre sus beneficios, se encuentran los sistemas de IA para la medicina, instalados en hospitales y laboratorios, que apoyan los especialistas en diagnósticos y en la toma de decisiones sobre tratamientos, comparando extensas bases de datos con información sobre casos semejantes.

Según los expertos más optimistas, dentro de una década la IA habrá transformado de modo significativo no sólo las sociedades, sino incluso las personas, ya que la potencial simbiosis cerebro-ordenador para incrementar nuestras capacidades o interactuar con tecnologías a través del pensamiento podría conducir a un futuro ser *transhumano*, como precisamente planteó Nietzsche.

Este es el tema del tercer eje temático, **El futuro de las inteligencias y más allá del infinito**, que aborda la controvertida hipótesis de una singularidad tecnológica, esto es, el momento en el que la IA pudiera alcanzar el mismo grado de inteligencia que los humanos e incluso superarlo. Desde la ciencia ficción, HAL 9000 sería un ejemplo de ésta. En tal caso, ¿qué sería la inteligencia humana para una IA? Mientras algunos especialistas defienden que la singularidad permitirá un salto evolutivo humano-máquina antes de 2045, otros la critican aduciendo contundentes argumentos. Primero: no puede existir una forma de inteligencia humana sin vida corporal, social y cultural, sin interacción consciente con el mundo real y basada en el sentido común y las emociones. Segundo, una IA debería estar programada para hacer lo que le ordenemos con total seguridad, transparencia y predictibilidad. Tercero, en superordenadores actuales,



la relación entre velocidad de procesamiento, eficiencia energética, dimensión y movilidad deja mucho que desear. No obstante, nadie pone en duda de que la IA conducirá a una nueva etapa en la historia de la humanidad y su convivencia con las máquinas, con importantes implicaciones éticas, económicas y sociales, que transformarán nuestras vidas más allá de lo imaginable. Sin embargo, esta odisea de la evolución de nuestra inteligencia al unísono o vinculada a la IA solo cobra sentido si significara también un impulso a la libertad y los valores humanos.

Este debate trasciende en las declaraciones de ocho especialistas, que aportan su visión de futuro en entrevistas, cuyos vídeos se encuentran al final de la exposición:

Margaret A. Boden; Arthur C. Clarke, coguionista de *2001*; Javier DeFelipe; Raymond Kurzweil; Ramón López de Mántaras; Marvin Minsky, uno de los padres de la IA; Pablo Rodríguez; y Wolfgang Wahlster.

Precisamente Clarke afirma, en su entrevista de 1967, que «tratar de predecir el futuro es una tarea ardua y muy arriesgada... Si milagrosamente, un profeta fuera capaz de predecir el futuro tal y como va a tener lugar, sus predicciones sonarían tan absurdas, tan disparatadas, que todo el mundo se reiría de ellas. De modo que, si lo que les estoy contando ahora les parece razonable, habré fracasado. Sólo si mis palabras les resultan totalmente inconcebibles, habré visualizado el futuro tal y como será realmente.» (*Seven Wonders of the World*, BBC)



¿QUÉ ES EL MONO PARA EL SER HUMANO?

Friedrich Nietzsche, *Así habló Zaratustra* (1883–1885)

Cuando Nietzsche formuló esta pregunta tenía presente la teoría de la evolución humana de Charles R. Darwin, publicada en 1871.

El árbol de la evolución encuentra su símil en el árbol del saber y en el árbol neuronal del cerebro humano, que Santiago Ramón y Cajal desveló en su revolucionaria Teoría Neuronal de 1888: las neuronas son células independientes que se comunican entre sí por contacto funcional electroquímico (conocido como *sinapsis*). Este funcionamiento conexionista distribuido de las 86 mil millones de neuronas del cerebro humano es la base de nuestra inteligencia, de los procesos de aprendizaje y de memoria involucrados en nuestra singular mente simbólica.

El primero de los tres episodios de la película *2001*, «El amanecer del ser humano», consagra la narrativa visual al intrigante origen del razonamiento lógico humano y de la invención de los instrumentos y armas por nuestros antepasados remotos. Pone en evidencia la relación entre esta capacidad creativa y el desarrollo del intelecto y la mente, determinantes para la evolución de la inteligencia del *Homo sapiens*.

Evocando esta narrativa, la exposición establece analogías entre las primeras herramientas paleolíticas desde hace algo más de 2,5 millones de años con la última generación de arma atómica, la B61-12, que con solo 3,66 metros dispone de una cabeza nuclear con potencia de hasta 50 kilotones (más de tres veces la bomba atómica de Hiroshima de 1945) y un margen de error de 30 metros.



Pintura rupestre con pigmento mineral
Cueva de El Castillo, Cantabria, h. 37.300 B.P.

© Imagen: Pedro Saura; fotografía de la réplica, Ana Marcos



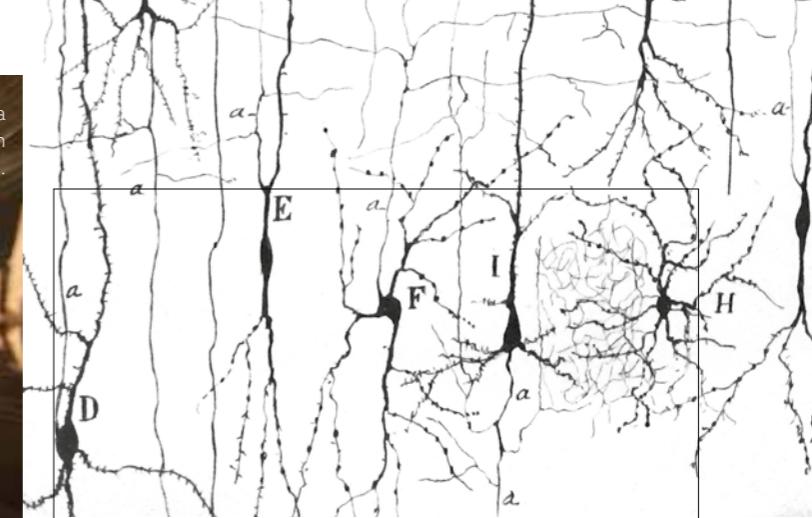
Vista de sala de exposición MEH.



«La inteligencia no es como una escalera, sino más bien como un árbol.»

John Charles Thomas (2017)

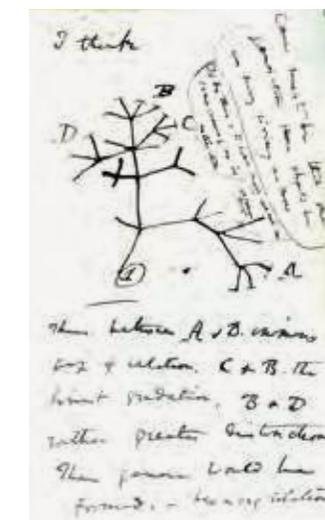
Vista de sala de exposición con la réplica de la bomba atómica modelo B61-12, MEH



Santiago Ramón y Cajal

Tipos celulares neuronales de la zona sexta y principio de la séptima, 1904. Dibujo científico (detalle).

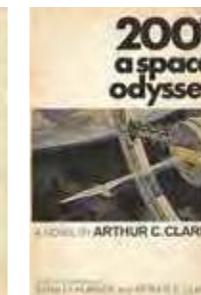
© Instituto Cajal, Legado Cajal, Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), Madrid



Charles R. Darwin

«I think», en: *Notebook on Transmutation of Species*, julio de 1837.

© American Museum of Natural History, Nueva York. University of Cambridge, EEUU

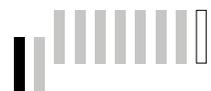


Friedrich Nietzsche

Así habló Zaratustra. Un libro para todos y para ninguno [1883–1885]. Madrid: Ed. M. Aguilar, 1932.

Arthur C. Clarke

2001: A Space Odyssey. Nueva York: New American Library, 1968 (primera edición norteamericana).



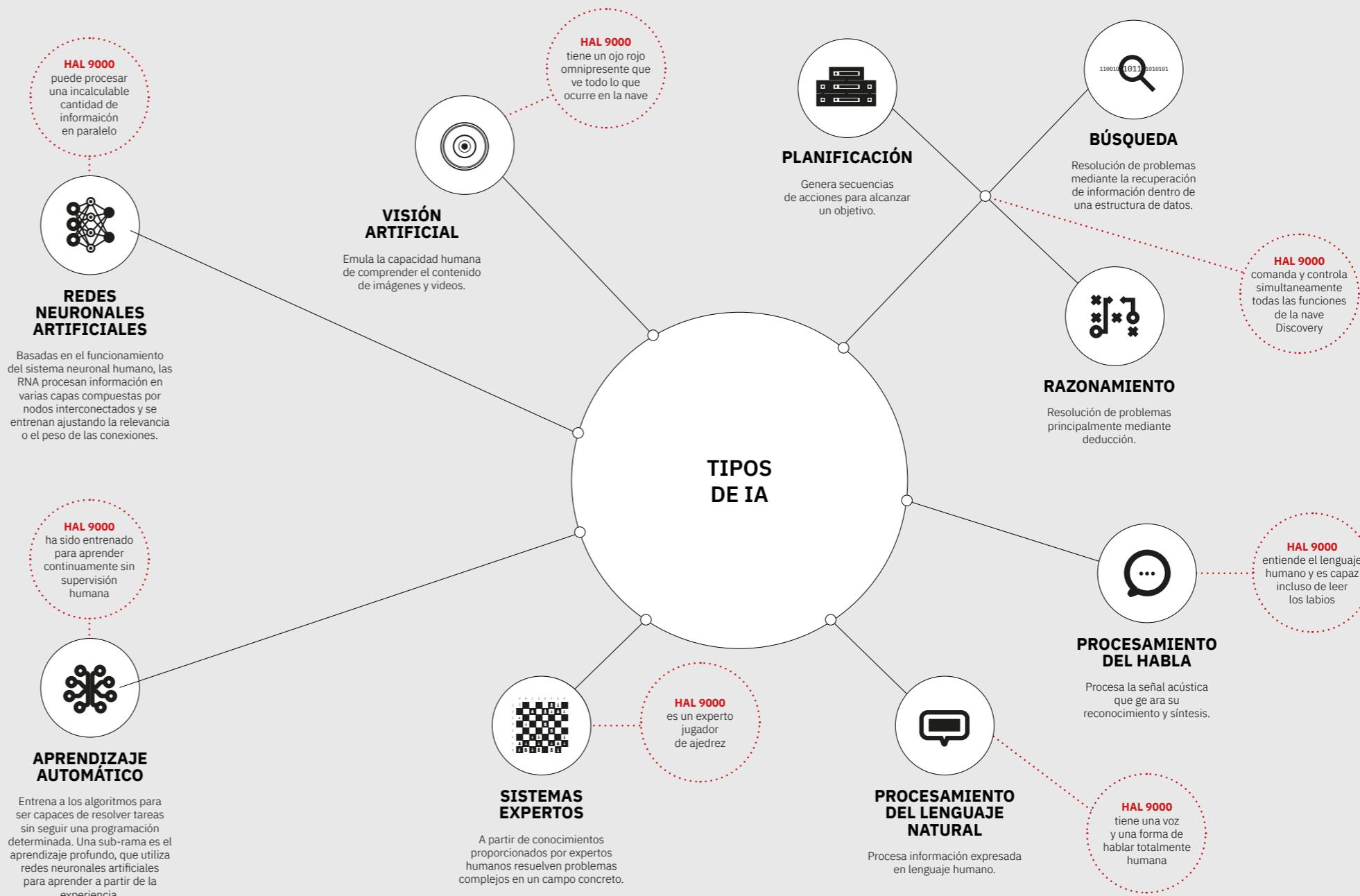
¿QUÉ ES LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL?

La IA abarca la ciencia y la ingeniería dedicadas a diseñar y programar ordenadores que pueden ejecutar tareas que requerirían inteligencia o razonamiento si las hicieran los seres humanos.

En el siglo pasado, Leonardo Torres Quevedo y posteriormente Alan M. Turing fueron dos pioneros de la IA. No obstante, las primeras consideraciones sobre la IA fueron articuladas más de un siglo antes del desarrollo de las tecnologías necesarias para hacerla posible. En 1842, la matemática Ada Lovelace defendió, de forma precursora, que las computadoras podrían «hacer cualquier cosa que sepamos ordenarle que haga». No obstante, la máquina solo sería considerada «inteligente» como los humanos cuando pudiese crear una idea original por iniciativa propia.

Hasta hoy, el razonamiento de Lovelace polariza el campo de estudios de la IA —así denominado por John McCarthy en 1956, año del nacimiento de la disciplina. Las dos corrientes son la **IA débil o especializada** y la **IA fuerte o de tipo general**. La primera consiste en programar máquinas que simulan procesos y actividades inteligentes en un ámbito especializado, como resolver problemas o imitar al lenguaje. En cambio, la IA fuerte pretende desarrollar sistemas que iguallen e incluso superen la inteligencia general humana, desarrollando estados mentales, consciencia y emociones genuinas. Desde la ciencia ficción, HAL 9000 sería un ejemplo de esta última.

Esta sección aborda nueve ramas principales de IA delineadas en el gráfico, muchas de ellas empleadas simultáneamente: Aprendizaje automático; Planificación, Búsqueda y Razonamiento; Procesamiento del habla; Procesamiento y reconocimiento del lenguaje natural; Redes Neuronales Artificiales (RNA); Sistemas expertos; Visión por computador.





«¿PUEDE PENSAR UNA MÁQUINA?»

Ada Lovelace, 1843 | Leonardo Torres Quevedo, 1914 |
Norbert Wiener, 1948 | Alan Turing, 1950

En 1914, el ingeniero e inventor español Leonardo Torres Quevedo (1852–1936) publicó los *Ensayos sobre Automática*. En este estudio, el precursor de la informática, la Cibernética y la IA trazó las ideas que se encuentran hoy día entre los grandes retos de la IA: crear sistemas que reproduzcan no solo el razonamiento, sino también las acciones y el sentido común humanos. Para demostrar su tesis, proyectó y construyó el Ajedrecista (1912), el primer autómatas electromecánico que jugaba y ganaba partidas de ajedrez.

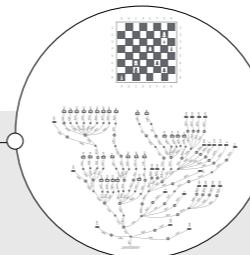
Tres décadas después, en 1950, aunque solo existiesen cuatro incipientes computadores electrónicos en el mundo, Alan M. Turing y Claude E. Shannon defendieron la viabilidad de ordenadores universales pensantes. Turing propuso el test para probar la inteligencia de una máquina —la Prueba de Turing— y Shannon describió cómo programar una computadora para jugar al ajedrez.

En la película *2001*, la partida de ajedrez entre HAL 9000 y el astronauta Frank Poole, ganada por la máquina, fue una premonición que se cumplió en 1997, cuándo Deep Blue, un ordenador de IA con programación heurística, venció al campeón mundial de ajedrez Garry Kasparov.

Actualmente se encuentran algoritmos informáticos para ordenadores personales capaces de derrotar a campeones, programados mediante redes neuronales artificiales que imitan el funcionamiento de las neuronas biológicas y aplican técnicas de aprendizaje automático: se autoadiestran a partir de información procesada.

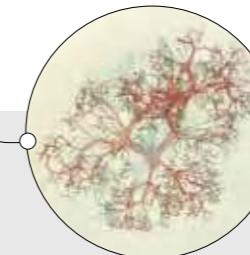
ÁRBOLES DE DECISIÓN

Un árbol de decisión (AD) imita la estructura ramificada del vegetal: raíz, nodos y ramas. Utilizado para trazar un mapa del conjunto de condiciones y de diferentes decisiones, ayuda a anticipar la mejor opción.



Árbol de juego del ajedrez

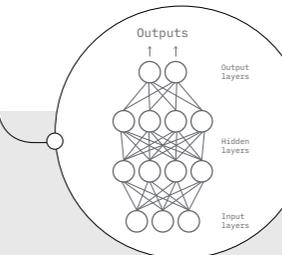
El matemático Claude Shannon calculó, en 1950, la complejidad del árbol de juego del ajedrez en la abrumadora cifra de 10^{120} , muy próximo al cálculo actual de 10^{123} , una cantidad inmensamente más grande que el número de estrellas en el universo o de granos de arena en la Tierra.



Árbol de juego de Kaspárov

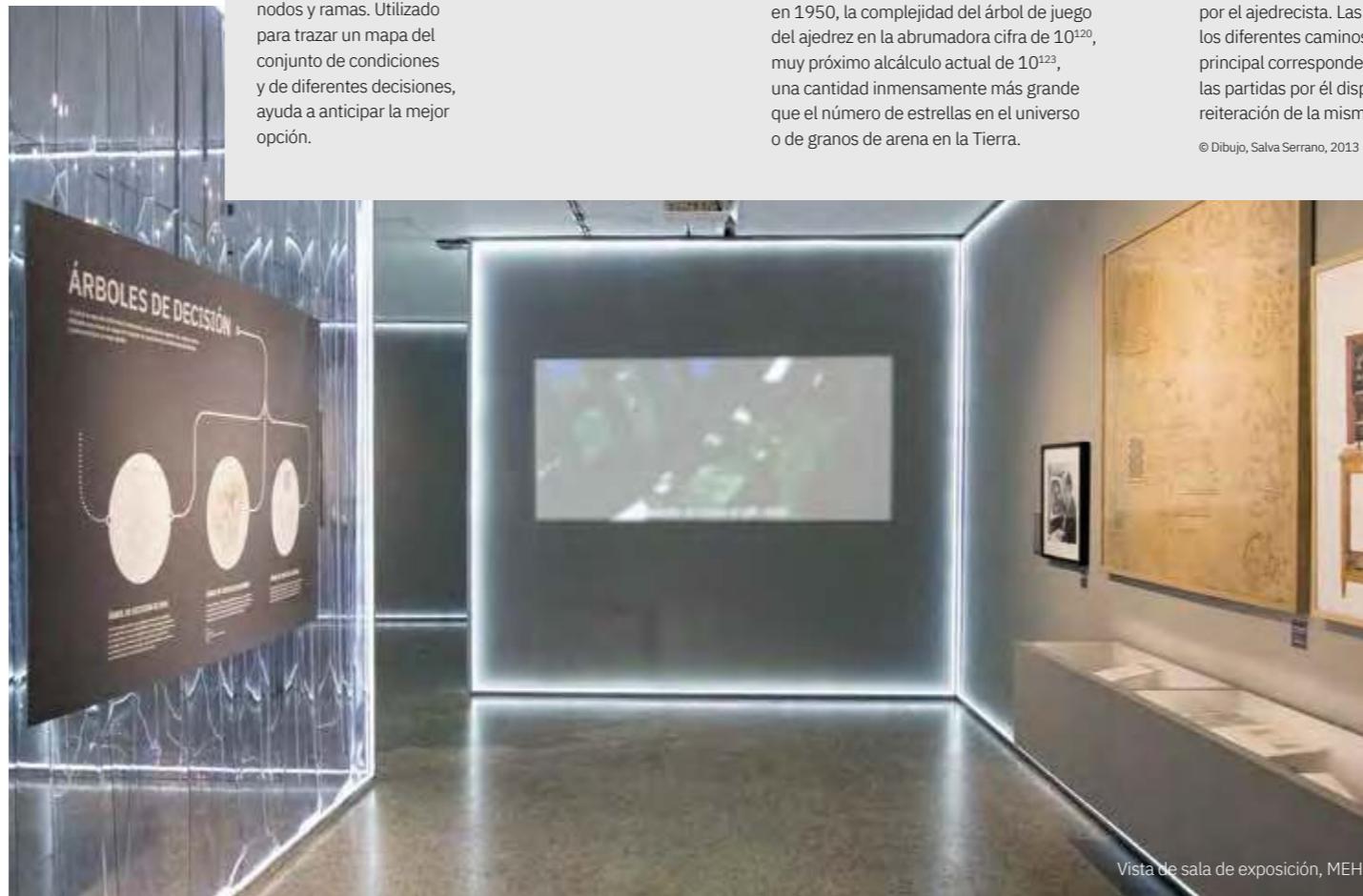
Representa todas las partidas de ajedrez disputadas por el ajedrecista. Las ramificaciones trazan los diferentes caminos de jugadas. Cada rama principal corresponde a la primera jugada de todas las partidas por él disputadas, y su grosor, a la reiteración de la misma jugada.

© Dibujo, Salva Serrano, 2013



Árbol de decisión de RNA

En IA se emplea el AD en aprendizaje automático, por ejemplo, con redes neuronales artificiales (RNA). Pueden abarcar problemas en varias capas o niveles, realizando un aprendizaje profundo, cuyas principales características son ser capaces de aprender de la experiencia con millones de datos, observar el entorno u optimizar sus conocimientos a base de éxitos y fracasos.



Vista de sala de exposición, MEH



Norbert Wiener
Cibernética o el control y la comunicación en animales y máquinas.
Cambridge, Mass.: The Technology Press; París: Herman Ed. & Nueva York: John Wiley, 1948.

Leonardo Torres Quevedo
Ajedrecista,
construido en 1920.

© Fotografía: Luis García Martínez. Museo Leonardo Torres Quevedo, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Universidad Politécnica de Madrid.



¿PUEDE SER CREATIVA LA IA?

«Tiene un trazo muy bonito, Dave. Creo que has mejorado mucho.» (HAL 9000) Con su comentario al astronauta David Bowman cuando éste le muestra sus dibujos, HAL demuestra tener creatividad para evaluar la calidad de una imagen. En nuestra realidad, ¿es eso factible para una IA?

La creatividad artística es una de las capacidades humanas que definen nuestra particular inteligencia y sensibilidad. Además de las influencias del contexto sociocultural y los instrumentos, en ella intervienen procesos mentales, emocionales y físicos.

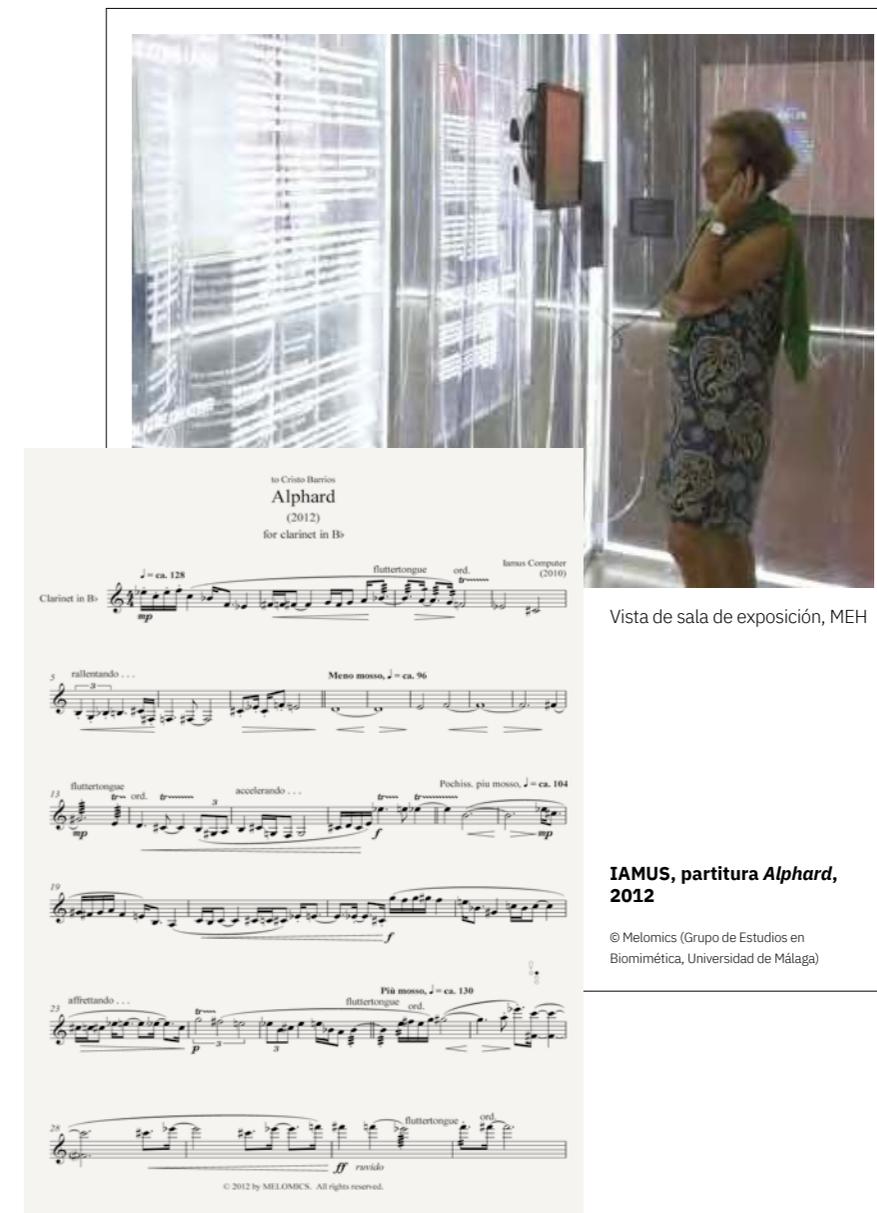
Desde sus inicios, la investigación en IA se ha enfrentado al desafío de la creación artística —música, literatura o pintura— generada exclusivamente por ordenador. Actualmente existen IA especializadas en la imitación de determinadas estéticas o autores en todas las actividades artísticas: desde escribir poemas o libros hasta dibujar o pintar un cuadro o crear partituras musicales. Son ejemplos *The Next Rembrandt*, capaz de imitar el estilo del famoso pintor neerlandés Rembrandt van Rijn (1606–1669), y *Flow Maschine*, que compone música en el estilo de Johann Sebastian Bach o de los Beatles. Por otro lado, el programa *IAMUS*, emulando el lenguaje musical humano, compone música clásica inédita en base a la computación evolutiva, capaz de mutar y perfeccionarse.

Estos ejemplos de IA demuestran que pueden simular autónomamente cierto grado de creatividad utilizando sofisticadas técnicas de aprendizaje profundo, reconocimiento de patrones y redes neuronales artificiales. La controversia reside en si los sistemas de IA, en el futuro, pueden llegar a tener consciencia de lo que hacen, crear a partir de una intencionalidad, percibir los condicionantes de su entorno y tener sensibilidad para autoevaluarse, como hacen los artistas. Hoy por hoy estos atributos son utópicos.



The Next Rembrandt
Impresión sobre tela en 3D con trece capas superpuestas de tinta UV, 68 x 54 cm, 2016.

© J. Walter Thompson Amsterdam, ING, Microsoft, TU Delft y Mauritshuis, Holanda



Vista de sala de exposición, MEH

IAMUS, partitura Alphard, 2012

© Melomics (Grupo de Estudios en Biomimética, Universidad de Málaga)

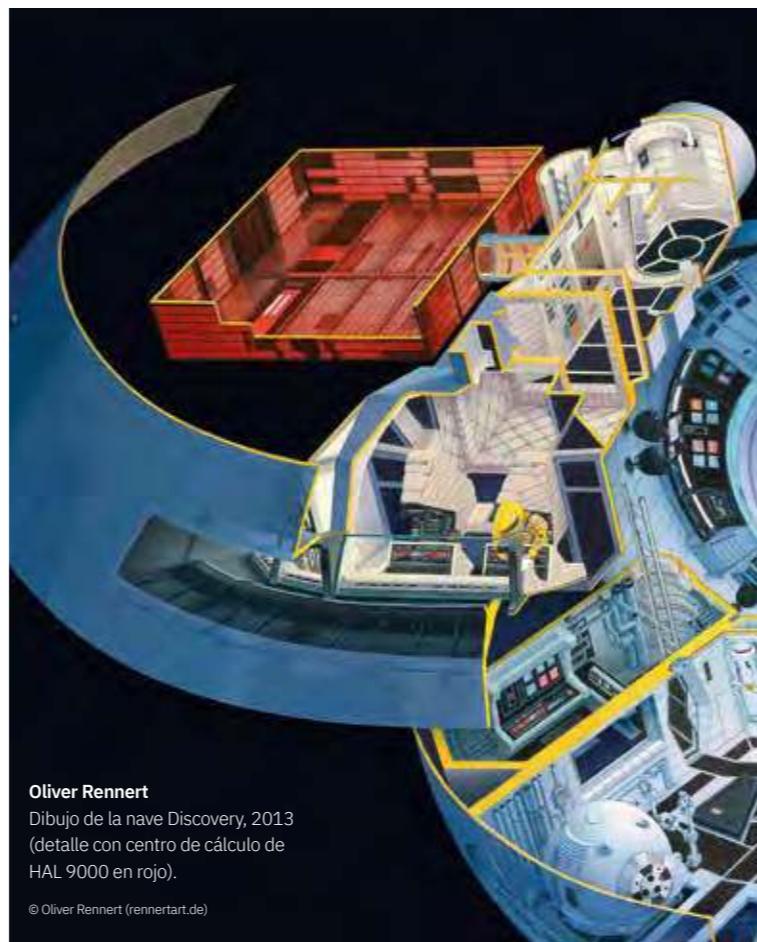


¿PUEDE UN SISTEMA DE IA ACTUAR DE FORMA AUTÓNOMA?

La respuesta es afirmativa cuando la IA esté programada para actuar sin intervención y control humanos, esto es, para realizar la autogestión adaptativa de sus propios recursos. Vehículos sin conductor y robots autónomos dotados de IA, por ejemplo, ya son capaces de realizar tareas sin supervisión humana.

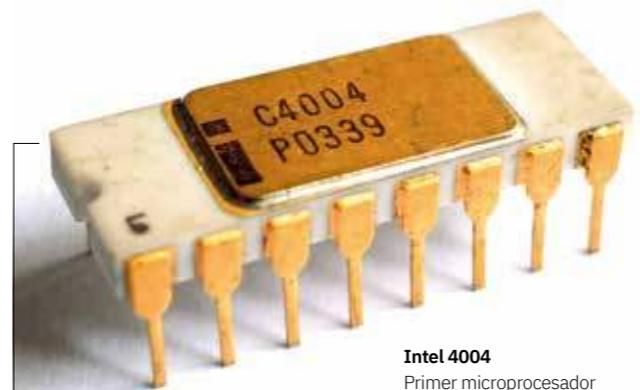
En 2001, Kubrick y Clarke, para dimensionar la sala de computación e inteligencia autónoma de HAL, toman como referencia la magnitud de los superordenadores más potentes de la década de 1960, que llegaban a medir cinco metros de largo y pesar más de cinco toneladas, pero con rendimientos de tan «solo» tres millones de operaciones de coma flotante por segundo (3 megaflops). El desarrollo de los microprocesadores a partir de 1971 (Intel 4004) permitió la progresiva miniaturización y el incremento de prestaciones y velocidad. Hoy, el procesador IBM power 9 apto para IA tiene un área de 6,9 cm² y la capacidad de procesar 180 billones de operaciones por segundo (180 teraflops). Estos sistemas combinan varias técnicas de IA, como aprendizaje automático, aprendizaje profundo con RNA, visión artificial, procesamiento de lenguaje y planificación.

Todas estas tecnologías encuentran aplicación en el ámbito militar y el desarrollo de armas autónomas letales, pese a que especialistas adviertan de posibles escenarios distópicos. Fue reveladora la actuación de HAL en 2001, al asesinar todos los miembros de la tripulación e intentar impedir el retorno de David a la nave: para salvar la misión y evitar ser desconectada, una máquina de IA, programada para cumplir autónomamente un objetivo determinado, eliminará los obstáculos que se le presenten.



Oliver Rennert
Dibujo de la nave Discovery, 2013
(detalle con centro de cálculo de HAL 9000 en rojo).

© Oliver Rennert (rennertart.de)



Intel 4004
Primer microprocesador en un chip, 1971.
Nº Transistores: 2300;
Memoria: 4096 Bytes;
Operaciones/seg: 60.000;
Tamaño: 10 µm.



Imagen del Dado (DIE)
Circuito integrado del chip Intel 4004.

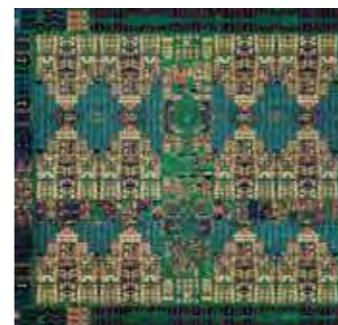


Imagen del Dado (DIE), circuito integrado del IBM power 9 Sforza Module 14 FinFET, 2017.
Nº Transistores: 8.000.000.000;
Memoria: 230 Gigabytes;
Operaciones/seg: 180 Teraflops;
Tamaño: 14 nm.



Military Drone Strike (UAV)
Ataque militar de drones. Alv-Alv & Gerson Aguerri (dirección), 2018. Screenshots del vídeo.

© CANADA, Fundación Telefónica



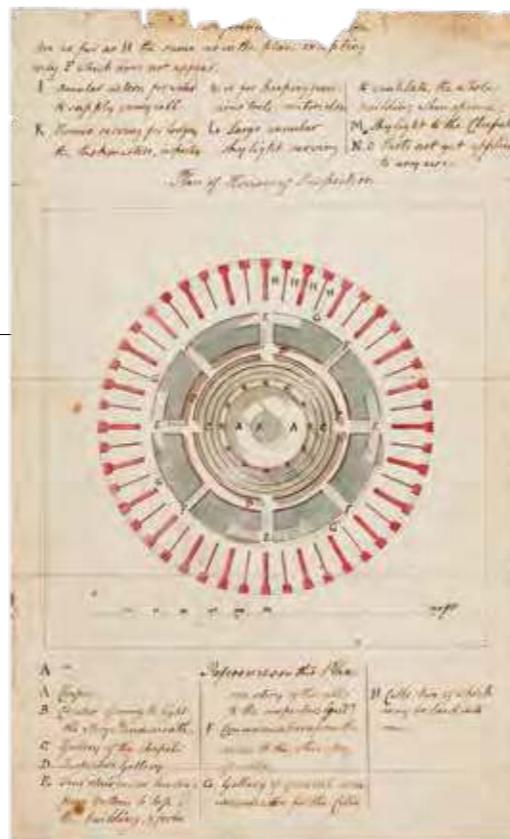
¿PUEDE UN SISTEMA DE IA CONTROLARNOS?

Más del 75 por ciento de lo que captamos de nuestro entorno consiste en información visual. Junto con las propiedades de la física de la luz, vemos gracias a un complejo entramado biológico, neurológico, psicológico e intelectual. La visión humana es tan prodigiosa que la neurociencia todavía no ha desvelado todos sus misterios, ya que procesamos inconscientemente la mayor parte de lo que vemos.

Por esa razón, una visión por computador similar a la humana significa un gran desafío. El uso de sistemas de reconocimiento y clasificación de imágenes y vídeos está muy difundido en buscadores *online*, redes sociales y telefonía móvil. Están despertando gran interés los sistemas de reconocimiento de expresiones faciales, que pretenden clasificar las emociones humanas con apoyo de aprendizaje profundo, cuestión abordada en la obra DATA | ergo sum, del Colectivo 3dinteractivo.com. La tecnología empleada en esta instalación interactiva puede extraer 17.000 valores en 20 segundos de observación de nuestro cuerpo y sobre todo del rostro.

Además de los sectores de producción y automatización industrial, la visión artificial está en plena expansión en sistemas de seguridad y videovigilancia. Como en el panóptico de Jeremy Bentham del siglo XVIII —un modelo de vigilancia total aplicado a cárceles—, estas tecnologías de IA siguen un esquema de visibilidad integral de los observados y ocultación de los observadores.

En la ficción, tanto el «Gran Hermano» de la novela 1984 de George Orwell como el «ojo» de HAL 9000, que controla todo lo que ocurre dentro de la nave, anticiparon lo que hoy en día ya es una realidad. Ampliamente implementados en grandes empresas, espacios públicos y ciudades, estos dispositivos están generando un gran debate sobre la sociedad de control y los derechos a la privacidad.



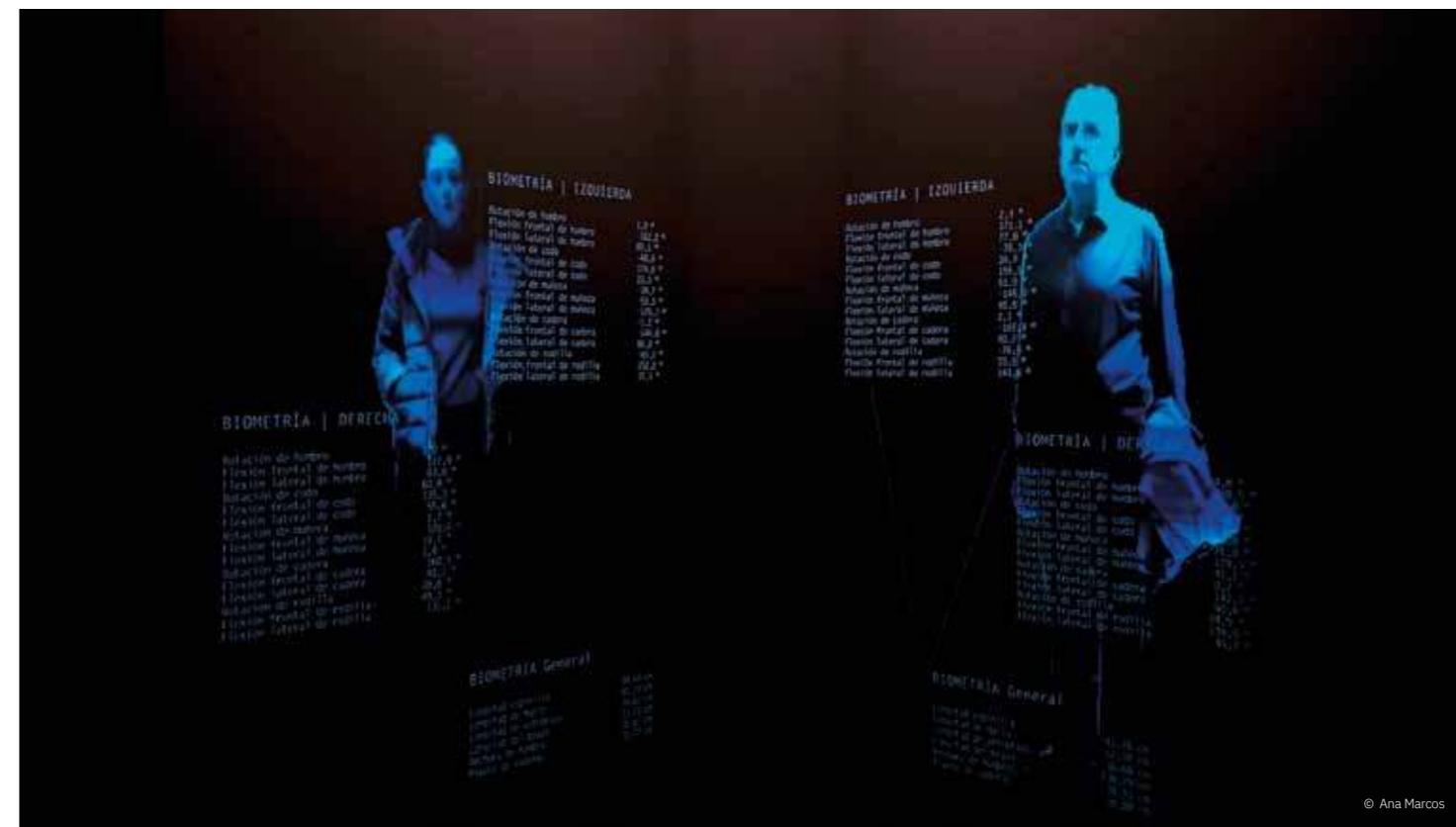
Jeremy Bentham,
Dibujo de Willey Revely,
h 1794-95
Plano elevado y sección
de la penitenciaría en forma
de panóptico. Bentham
Papers, box 119, fol. 121.

© University College London
Special Collections,
CC BY-NC-ND 4.0



Colectivo 3dinteractivo.com
(Ana Marcos y Alfonso Villanueva,
con Iury Lech)
DATA | ergo sum, 2018.
Instalación audiovisual interactiva
con sistema de IA.

© Fundación Telefónica, 2018



© Ana Marcos



¿PUEDE LA IA CAMBIAR NUESTRAS VIDAS?

Según las previsiones de especialistas, hasta 2030 la IA habrá transformado de modo significativo ámbitos directamente vinculados con nuestra vida cotidiana y en sociedad: hogar, empleo, salud, transporte, ocio, educación, comunicaciones, seguridad, economía y comercio.

Las tecnologías de IA están cada vez más individualizadas. Un asistente personal inteligente recuerda a un usuario las tareas del día. Navegadores instalados en el coche pueden buscar la mejor ruta, informar sobre el clima y los precios del combustible a partir del comando de voz del conductor. En el hogar, dispositivos de IA aprenden del comportamiento de sus dueños y pueden controlar electrodomésticos o funciones de la casa. En hospitales, la IA presta apoyo en diagnósticos y en la toma de decisiones sobre tratamientos. La viabilidad de todo eso depende de nuestros datos personales, que se convierten en la principal fuente de aprendizaje de las IA.

Pese a los beneficios que puede traer, supone problemas y riesgos de diferente índole. Éticos y sociales: una IA puede reproducir datos que inciten al racismo; puede interferir en las relaciones interhumanas. Jurídicos: ¿quién es el responsable si una IA realiza un diagnóstico de salud equivocado o provoca un accidente? Económicos: la sustitución de puestos de trabajo y el desempleo en determinadas especialidades.

Como estas máquinas no tienen criterio, pueden malinterpretar ciertas informaciones que rastrean y provocar situaciones críticas personales, locales y mundiales. También serán una fuente de desigualdades en el mundo, ya que tales tecnologías no están al alcance de todos los países.





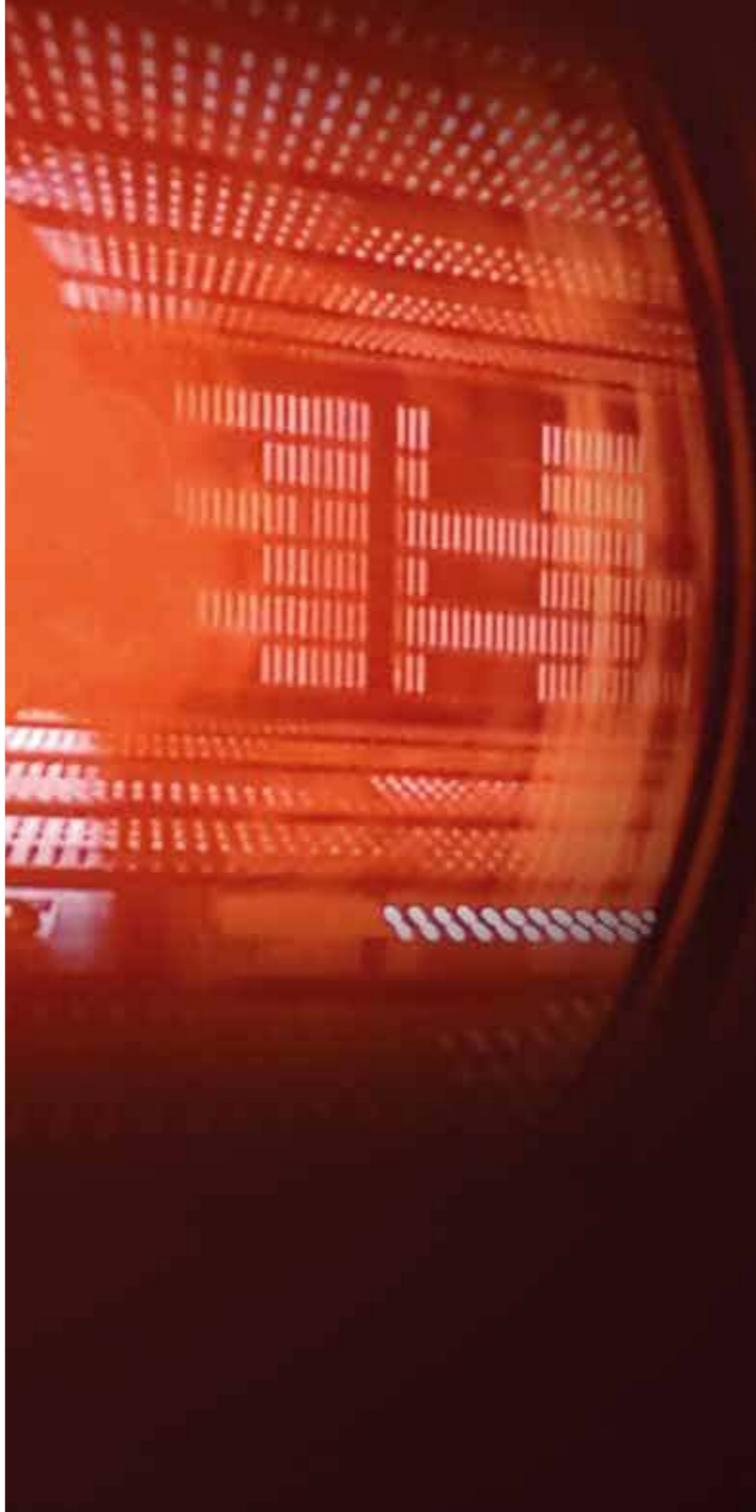
¿PUEDE LA IA TENER EMOCIONES?

El cerebro humano funciona en estrecha interacción con el resto del cuerpo y con el mundo circundante. La inteligencia y la razón son indisociables de las emociones y los sentimientos. De estos dependen la subjetividad y la consciencia, que nos permiten darnos cuenta de nosotros mismos y de nuestras circunstancias. Están vinculadas al lenguaje y a la memoria.

La neurociencia, aunque está lejos de desvelar totalmente este complejo entramado, señala que las emociones fueron decisivas en nuestra evolución: sin ellas no sobreviviríamos. Influyen en nuestra inteligencia creativa, imaginación, sentido común, comportamientos, decisiones o motivaciones, y guían la formación de nuestra mente cultural y social.

Para algunos pioneros de la IA, como Alan Turing o Marvin Minsky, el cerebro, siendo un procesador de información, podría ser decodificado en todas sus dimensiones, incluida la emocional. Tal anhelo materialista ha sido rebatido por muchos científicos: resultaría imposible programar una máquina con capacidades emocionales, subjetivas y conscientes equivalentes a las humanas, ya que estas no son objetivamente calculables y a una IA le faltarían las experiencias de cuerpo y de mundo real.

Con las tecnologías disponibles actualmente, una IA con emociones, que como HAL en *2001*, frente a su inminente desconexión por parte del astronauta David, pueda sentir miedo o arrepentimiento de sus decisiones, aún es un *sueño de la razón*.



_ HAL: Aún siento gran entusiasmo y confianza en la misión y quiero ayudarle. Dave... pare... Detente Dave... Tengo miedo... Tengo miedo, Dave. Mi mente se va, lo noto... Puedo sentirlo. Mi mente se va... sin ninguna duda... Tengo... miedo... Buenas tardes caballeros. Soy un Ordenador HAL 9000. Entré en operación en la fábrica Hal, en Urbana, Illinois, el día 12 de enero de 1992. Mi instructor fue el señor Langley y me enseñó una canción. Si quiere oírla la puedo cantar.

_ DAVE: Si, me gustaría oírla, HAL. Cántamela

_ HAL: Se llama Margarita:
*Margarita, Margarita,
¡Dame tu respuesta!
Estoy medio loco de amor por ti.
No será un matrimonio elegante,
pero estarás guapa
en el asiento de una bicicleta para dos...*

[Diálogo entre HAL 9000 y David
en el Logic Memory Center de HAL)



¿QUÉ SERÁ LA INTELIGENCIA HUMANA PARA UNA IA?

En el futuro, la tecnología puede llegar a acelerar drásticamente el proceso biológico sumamente lento de la evolución humana (tenemos el mismo cerebro desde hace 200 mil años). Se investiga cómo optimizar nuestro cuerpo y prolongar la vida mediante IA aplicada a las ciencias. El desarrollo de interfaces cerebro-ordenador visa el incremento de nuestras capacidades mentales o el control de dispositivos tecnológicos mediante el pensamiento. Los avances en la comprensión de nuestra red neuronal podrían conducir a la fabricación de un cerebro artificial.

Objeto de amplio debate es la hipótesis de una futura singularidad tecnológica, esto es, el momento en el que la IA alcanzara el tipo general o fuerte y superara la inteligencia humana. Una IA autosuficiente podría diseñar nuevas generaciones de máquinas aún más inteligentes, en un auto-perfeccionamiento *ad infinitum*. Criticada por muchos especialistas por carecer de rigor científico, esta teoría esquiva cuestiones cruciales.

Un ejemplo: una abeja desarrolla complejos comportamientos con tan solo un millón de neuronas en un diminuto cerebro; su eficiencia energética le permite volar hasta 100 km diarios sin equivocarse de ruta. Summit —el superordenador más potente del mundo hoy— ocupa el espacio correspondiente a dos pistas de tenis, consume 15 MW de energía (equivalente a siete mil hogares) y gasta quince mil litros de agua por minuto en refrigeración. Aunque pueda procesar enormes cantidades de datos con doscientos cuatrillones de operaciones por segundo, no es capaz de orientarse como una abeja, no es energética y físicamente eficiente, y tampoco es autosuficiente. Si el cerebro del insecto no puede ser aún emulado *in silico*, ¿no será un exceso de optimismo aventurar que, en un futuro cercano, podremos reproducir la inteligencia humana general a una escala como la del cerebro humano? En la exposición, ocho entrevistas a especialistas aportan su visión sobre estas cuestiones.

«Para el 2045, habremos expandido la inteligencia de nuestra civilización humano-máquina en un trillón de veces. Eso originará la singularidad. [...] La singularidad significa que no solo se consigue el nivel de inteligencia humana en una máquina, sino que comenzará una revolución en la que estas máquinas no dejarán de crecer exponencialmente en su potencia, y serán capaces de mejorar su propio diseño de software.»

(Raymond Kurzweil, en *Big Think*, 2009)



MARVIN MINSKY (1927 – 2016)
Pionero de la IA, asesor científico de Kubrick para la película *2001*

«¿Serán las máquinas alguna vez tan inteligentes como las personas? Esa es una pregunta que preocupa a mucha gente, y la respuesta es... sí.» (2013, Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento)

Marvin Minsky, 2013
Screenshot del vídeo de entrevista realizada por Fundación BBVA con motivo de la concesión del Premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento en Tecnologías de la Información y la Comunicación.
© M. Minsky, Fundación BBVA



MARGARET A. BODEN (1936)
Profesora de Investigación en Ciencias Cognitivas de la Universidad de Sussex

«Los ordenadores pueden llevar a cabo las tres formas de creatividad (humana). [...] Pero no tienen un conocimiento de mundo, ni conocimiento lingüístico y ni, sobre todo, el sentido humano de apreciación. [...] Darse cuenta de cuáles (ideas) son interesantes o cuáles son relevantes, eso es otro cantar.» (2018)

Margaret A. Boden, 2018
Screenshot del vídeo de entrevista realizada por Fundación Telefónica
© M. A. Boden, Fundación Telefónica



JAVIER DEFELIPE (1953)
Neurocientífico, director del Laboratorio Cajal de Circuitos Corticales (UPM/CSIC)

«En un futuro, cuando sepamos cómo funcionan cada una de las partes del cerebro, seremos capaces de crear un cerebro similar al cerebro humano.» (2018)

Javier DeFelipe, 2018
Screenshot del vídeo de entrevista realizada por Fundación Telefónica
© J. Defelipe, Fundación Telefónica



WOLFGANG WAHLSTER (1953)
Director y Presidente del Centro de Investigación Alemán de IA (DFKI GmbH)

«Nuestro objetivo con la IA no es sustituir a los humanos, sino ayudarlos en diferentes tareas que requieran de inteligencia. [...] La IA ha triunfado en la dimensión cognitiva. [...] Sin embargo es prácticamente imposible ... crear una simulación fidedigna de las emociones humanas, pues son procesos químicos que tienen lugar en el cerebro, cuyo detonante son las hormonas.» (2018)

Wolfgang Wahlster, 2018
Screenshot del vídeo de entrevista realizada por Fundación Telefónica
© W. Wahlster, Fundación Telefónica

MÁS ALLÁ DE 2001: ODISEAS DE LA INTELIGENCIA

PUBLICACIÓN

Museo de la Evolución Humana, Burgos
Fundación Siglo para el Turismo
y las Artes de Castilla y León
Consejería de Cultura y Turismo
Junta de Castilla y León

EDICIÓN Y TEXTOS

Claudia Giannetti

COORDINACIÓN EDICIÓN

Aurora Martín Nájera

DISEÑO GRÁFICO

Marta San Martín

FOTOGRAFÍAS EXPOSICIÓN EN EL MEH

Ana Marcos

AGRADECIMIENTOS

Mat Collishaw (Blain | Southern) , Fundación BBVA, FUNDHAM, Instituto Cajal, Ana Marcos & Alfonso Villanueva (3dinteractivo.com), Melomics, Museo Leonardo Torres Quevedo, Oliver Rennert, Salva Serrano, Oscar Sharp, J. Walter Thompson, University College London

© de la Edición: Museo de la Evolución Humana, Burgos

© de los Textos: Claudia Giannetti, MEH

© de las Fotografías: sus autores, MEH

Depósito Legal: VA 629-2019

EXPOSICIÓN

Producida por Fundación Telefónica, 2018

Producida y organizada en 2019 por Museo de la Evolución Humana, Burgos Fundación Siglo para el Turismo y las Artes de Castilla y León Consejería de Cultura y Turismo Junta de Castilla y León

DIRECTOR GERENTE DEL MEH

Alejandro N. Sarmiento Carrión

DIRECTOR CIENTÍFICO DEL MEH

Juan Luis Arsuaga Ferreras

RESPONSABLE DE COLECCIONES E ITINERANCIAS FUNDACIÓN TELEFÓNICA

Laura Fernández Orgaz

COMISARIA

Claudia Giannetti

ASESOR CIENTÍFICO

Ramón López de Mántaras

COORDINADORAS

DE LA EXPOSICIÓN

Aurora Martín Nájera,

Museo de la Evolución Humana

Sandra Gutiérrez Andaluz,

Fundación Telefónica

COMUNICACIÓN Y GESTIÓN MEH

Gonzalo de Santiago Salinas, Sandra Canduela Pineda y Rodrigo Alonso Alcalde

DISEÑO MUSEOGRÁFICO

Smart Green and Design

DISEÑO GRÁFICO

Prodigioso Volcán

AGRADECIMIENTOS

Mat Collishaw (Blain | Southern) , Francisco Alarcón, Chema Alonso, Margaret Boden, Enrique Blanco y Francisco José Ramírez (Equipo Ideas Locas CDO), Javier DeFelipe, Niède Guidon, Tim Heptner, Pablo Jáuregui, Manuel Lozano, Shirlene Matos, Antonio Morlanes, Patricia Núñez, Pablo Rodríguez, Manuel Romana, Gonzalo Santonja, Jaime Saumell, Wolfgang Wahlster

FOTOGRAFÍA DE PORTADA

Mat Collishaw, *AO*, 2016. Instalación Audiovisual
© Collishaw, Blain | Southern. Fotografía: Todd White



Vista de sala de exposición MEH.

**«El ser humano es una cuerda tendida
entre el animal y el transhumano
—una cuerda sobre un abismo»**

Friedrich Nietzsche,
Así habló Zaratustra.
Un libro para todos y para nadie.

