

¿Impotencias de las máquinas? El motor analítico de Babbage y los límites de lo mecanizable

Aldana D´Andrea

Resumen

El siglo XIX asistió a la ampliación de los límites de lo mecanizable y con ello al riesgo de la disolución entre lo humano y lo mecánico. Hacia finales del siglo, Charles Peirce planteó la pregunta fundamental: hasta dónde pueden llegar las máquinas en el reemplazo del pensamiento. Este artículo pone en discusión dos concepciones de máquina y dos modos de responder a esta pregunta, destacando que el Motor Analítico de Babbage (1840) inauguró un nuevo modo de concebir lo mecánico y lo mecanizable, desafiando las impotencias atribuidas tradicionalmente a las máquinas y constituyéndose así en un antecesor de la Máquina Universal de Turing. Palabras clave: máquinas, límites, mecánico, mecanizable.

Abstract

The 19th century witnessed the expansion of the limits of the mechanizable and the risk of dissolution between the human and the mechanical. Towards the end of the century, Charles Peirce raised the fundamental question: how far can machines go in the replacement of thought? This paper discusses two conceptions of machine and two ways to answer this question, pointing out that Babbage's Analytical Engine (1840) opened a new way to conceive the mechanical and the mechanizable, challenging the impotences traditionally attributed to machines and thus becoming a forerunner of Turing's Universal Machine.

Keywords: machine, limits, mechanical, mechanizable.

1. Los límites de lo mecanizable, discusiones en el siglo XIX

El siglo XIX sorprendió al ego humano con una terrible —aunque quisiéramos decir fantástica— noticia: las máquinas ya no sólo se dirigen a asistir y reemplazar al hombre en trabajos físicos, sino que además ahora ellas pueden realizar trabajos intelectuales. Este es el caso de las máquinas lógicas desarrolladas en Europa, como los pianos lógicos de Stanley Jevons y Allan Marquand, o las máquinas matemáticas como el Motor Analítico de Charles Babbage. Para muchos lógicos y matemáticos, estas máquinas constituían un arma de doble filo, por un lado ellas representaban la concreción de ciertos ideales epistemológicos y metodológicos (control y transparencia de los procesos, predictibilidad, infalibilidad, economía de tiempo y esfuerzos), pero por otro lado reavivaban la antigua aberración del mecanicismo, pues el fenómeno era interpretado como una lamentable pérdida del empleo de la intuición y la inteligencia en el trabajo lógico y matemático. La oposición se dio entonces entre aquello susceptible de mecanización y aquello confinado necesariamente a la mente humana. Charles Peirce, lógico y matemático estadounidense, se hizo eco de esta discusión. En un artículo publicado en 1887, titulado *Logical Machines*, Peirce señala que este tipo especial de máquinas que realizan trabajos mentales, a las cuales engloba bajo el nombre de máquinas lógicas, desarrollan razonamientos que no son en absoluto simples y esta habilidad del raciocinio ha sido hasta entonces reino —¿exclusivo?— de los seres humanos.

Autora: Aldana D´Andrea es Profesora y Licenciada en Filosofía por la UNRC. Becaria doctoral de CONICET. Ayudante de primera en las cátedras de Lógica y Filosofía de la Tecnología del Departamento de Filosofía de la UNRC. El artículo se enmarca en el proyecto de investigación "Filosofía e historia de los conceptos técnicos: la idea de técnica" perteneciente a la Facultad de Ciencias Humanas de la UNRC.

Dirección de contacto: aldana.dandrea@gmail.com



La pregunta clave para Peirce es, por lo tanto: «How much of the business of thinking a machine could possibly be made to perform, and what part of it must be left for the living mind» (Peirce 1997, p. 71). La delimitación no es en absoluto simple, no lo era a fines del siglo XIX y no lo es hoy tampoco dado que, como Peirce indica, éste es un asunto que concierne a la naturaleza misma de los procesos de razonamiento y —esta es nuestra tesis— al concepto de máquina que sostengamos.

Peirce se dirige entonces a analizar los modos en que las máquinas lógicas de Jevons y Marquand realizan sus inferencias e identifica el secreto de toda máquina de razonamiento: «It is that whatever relation among the objects reasoned about is destined to be the hinge of a ratiocination, that same general relation must be capable of being introduced between certain parts of the machine» (Peirce 1997, p. 73). Peirce nos aporta un ejemplo: si pretendemos que una máquina sea capaz de razonar de acuerdo al silogismo hipotético [(AB) (BC)] (AC) lo único que debemos lograr es un modo de conexión tal que cada vez que suceda A en la máquina, B deba también suceder y lo mismo para B y su consecuente C, de modo que introduciendo estas relaciones causales primarias se habrá introducido prácticamente AC. El secreto de toda máquina de razonamiento puede ser reducido, por tanto, a la construcción de un artefacto en el cual la organización móvil de sus partes esté de acuerdo a conexiones causales las cuales representen a su vez ciertas reglas. «In this point of view... every machine is a reasoning machine» (Peirce 1997, p. 74). La diferencia entre una máquina lógica y cualquier otra máquina no es de carácter fenoménico, sostiene Peirce, la distinción radica en que la primera se sustenta en las leyes de la mente humana, mientras que la segunda depende de las leyes de la naturaleza.

Pero entonces, ¿hay algún límite preciso entre una máquina que realiza inferencias —o sea, cualquier máquina— y el razonamiento humano? Peirce sostiene que sí, que si bien hay máquinas lógicas y matemáticas que realizan ciertos razonamientos, hay razonamientos que no pueden ser desarrollados por ninguna máquina. De acuerdo con Peirce, las máquinas tienen dos impotencias inherentes que cuestionan la posibilidad de reducir el raciocinio a un puro procedimiento mecánico:

· «In the first place, it is destitute of all originality, of all initiative. It cannot find its own problems; it cannot feed itself. It cannot direct itself between different possible procedures» (Peirce, 1997, p. 74)

· «In the second place, the capacity of a machine has absolute limitations; it has been contrived to do a certain thing, and it can do nothing else» (Peirce, 1997, p. 74)

Quizá muchos estarían de acuerdo con Peirce, incluso en la actualidad, en cuanto a estas impotencias inherentes a cualquier máquina; del mismo modo que Peirce utilizó estos argumentos para probar que no todo razonamiento es mecánico y que hay inferencias que sólo la mente viva puede desarrollar, argumentos similares son esgrimidos en la actualidad para cuestionar las tesis de la inteligencia

artificial, el modelado computacional de la mente o, incluso, para demostrar la imposibilidad de una tesis mecanicista, todo lo cual salva del abismo al viejo sueño cartesiano: entre humanos y máquinas hay una diferencia insalvable.

Este modo de pensar la diferencia, que tiende a afirmar nuestra propia humanidad en detrimento de las capacidades de las máquinas, se determina en torno a una cierta idea particular de máquina. Peirce elige definir su idea en términos tanto negativos como positivos, señalando tanto lo que una máquina no es o, más literalmente, lo que no puede hacer, como lo que define su forma de funcionamiento, su secreto; aunque el secreto tal como lo plantea Peirce también recuerda a una incapacidad, puesto que el arreglo particular de las partes físicas de una máquina está determinado por el fin particular para el cual esa máquina fue diseñada, impidiéndole la realización de otras tareas. De modo que toda la construcción del concepto de máquina redundaría en una apreciación negativa tendiente a valorar lo humano por sobre lo mecánico. De allí que los límites de lo mecanizable se establezcan, por fortuna para algún «humanismo», en función de este límite establecido por la misma noción de máquina.

Ahora bien, la noción de máquina es una noción situada históricamente, depende en gran medida de las máquinas existentes y de la reflexión teórica sobre ellas: lo que son y lo que no son, lo que pueden y no hacer. Actualmente, los argumentos de Peirce pueden ser cuestionados con la apelación a algunos resultados básicos de la teoría de la computabilidad y la concepción de máquina que de ella se desprende¹, pero Peirce desconoció estos avances; por cuestiones cronológicas, él no llegó a ser más que uno de sus precursores². Sin embargo, en el siglo XIX ya habían sido desarrollados resultados teóricos que estaban al alcance de Peirce y que podrían haber puesto en cuestión su concepto de máquina y con ello los límites de lo que puede ser mecanizado; nos referimos al Motor Analítico diseñado alrededor de 1834 por Charles Babbage.

El trabajo de Babbage fue casi totalmente desconocido e incluso desestimado en su tiempo y por la posteridad inmediata. Si hoy tenemos algunas descripciones del Motor Analítico en la época en la que fue diseñado es por los informes del mismo Babbage, por el reporte del matemático italiano Luigi Menabrea y las relevantes notas añadidas en él por la matemática Ada Lovelace en su traducción al inglés (Lovelace, 1961). Los inconvenientes técnicos y la ausencia de financiación que impidieron que el diseño de Babbage fuera construido en los albores del siglo XIX parecen haber sido la causa de la desestimación de su relevancia teórica. Nada de ello excusa a Peirce de su desconocimiento, aunque sí quizá de su incomprensión³. Peirce, al igual que muchos de sus contemporáneos, fue incapaz de vislumbrar la significancia teórica de los principios bajo los cuales la máquina analítica de Babbage fue diseñada y la relevancia filosófica de la ampliación de los límites de lo mecanizable más allá de las operaciones aritméticas elementales.

2. Babbage: la primera conversión de lo mental en procesos mecánicos⁴

El trabajo de Babbage en relación al diseño de máquinas que efectúan operaciones matemáticas puede ser pensado dentro del proyecto más general de mecanizar el cálculo. Este proyecto está asociado a la consecución de un método de inferencia epistemológicamente no problemático, que permita el desarrollo y revisión de los cálculos de un modo absolutamente mecánico sin el requerimiento de ningún tipo de esfuerzo intelectual o ingenio. El primer trabajo de Babbage en relación con este ideal es el Motor Diferencial (1822), el cual puede ser concebido como un heredero directo de la tradición de diseño de máquinas calculadoras, de las cuales los dos únicos ejemplares construidos hasta el momento habían sido la Pascalina de Pascal (1642) y las máquinas de Leibniz (1673 y 1674).

El Motor Diferencial de Babbage fue diseñado para calcular logaritmos usando el método de diferencias e imprimir sus resultados para la confección de tablas matemáticas. Luego de nueve años de trabajo y sin haber finalizado la construcción de esta máquina, Babbage consideró la posibilidad de una máquina más versátil, una que no sólo se limitara a operaciones aritméticas sino que tratara con el ámbito más general y abstracto del álgebra. Así entendido, el Motor Analítico excede el concepto tradicional de máquina calculadora limitada a las operaciones aritméticas básicas sobre números; Lovelace expresa: «(...) the Analytical Engine does not occupy common ground with mere 'calculating machines'. It holds a position wholly its own; and the considerations it suggests are most interesting in their nature» (Lovelace, 1961, p. 252).

Lovelace apunta aquí a la generalidad o universalidad de esta nueva máquina de Babbage; ella ya no está confinada a operaciones numéricas, sino que trabaja sobre el concepto más general de operación que se aplica sobre cualquier tipo de objeto: «... by the word operation we mean any process which alters the mutual relation of two or more things, be this relation of what kind it may. This is the most general definition, and would include all subjects in the universe» (Lovelace, 1961: 247). Este potencial de la máquina es la razón por la cual Lovelace sostiene que «The Analytical Engine is an embodyng of the science of operations» (Lovelace, 1961: 249), entendiendo por «ciencia de las operaciones» el estudio de la manera en la cual las operaciones de cualquier tipo podrían ser adaptadas a una secuencia de cálculos, esto es, el estudio de los modos de especificar los procesos.

Es en este sentido que apunta Lovelace que el Motor Analítico ya no se concibe como un heredero directo de aquel proyecto de diseño y construcción de máquinas calculadoras, puesto que la máquina de Babbage representa la posibilidad de mecanizar, por primera vez, procesos complejos de cualquier naturaleza. Ya no se trata de mecanizar una operación particular, sino todo un proceso de cálculo. Calcular, en este sentido amplio, implica realizar operaciones sucesivas de acuerdo a reglas preestablecidas, pero para ello es necesario establecer un

método que discrimine cuál es la regla adecuada de acuerdo a la naturaleza del proceso y a la luz de los resultados que las sucesivas computaciones producen. Babbage fue consciente de que las máquinas existentes no poseían esta capacidad de tomar decisiones y realizar cálculos por sí mismas. Hasta la aparición del diseño del Motor Analítico, los avances más significativos en términos de mecanizar el cálculo habían sido las máquinas calculadoras limitadas a suma, resta, multiplicación y división; nada había sido hecho en pos de abarcar operaciones en aquel sentido general y complejo especificado por Lovelace. ¿Qué es lo que permitió este avance conceptual? Sugerimos que el principio básico que lo permitió fue la reflexividad con que Babbage dotó a su mecanismo, la cual se funda a su vez en el enfoque algebraico asumido por Babbage para la matemática y la naturaleza programable del Motor Analítico.

3. La máquina come su propia cola

El primer diseño de Babbage, el Motor Diferencial, calculaba logaritmos usando el método de diferencias. Este método era apropiado para el propósito de Babbage por la uniformidad de su proceso, el cual se limitaba a sumar y restar números positivos. Cuando Babbage advirtió la posibilidad de diseñar una máquina más potente, pensó en una que pudiera trabajar sobre cálculos ya efectuados por ella misma y así elevar la complejidad de los que podría realizar de un modo automático. Esta fue, según nos relata Henry Babbage, el hijo de Charles Babbage, la primera idea reveladora del novedoso potencial del Motor Analítico (Babbage, H, 2010: 331); Babbage refirió a ella como «the Engine eating its own tail» (Babbage citado en Stokes, 2010: 268).

La idea de Babbage de una máquina que se alimenta de sí misma es la de una máquina reflexiva para la cual los datos de entrada pasan desde la memoria al centro de procesamiento donde se realizan las operaciones y el resultado puede ser transferido nuevamente a la memoria para ser reutilizado en otro proceso. El motor es capaz de generar funciones de una jerarquía superior, en cuyo desarrollo del proceso el dominio y rango de las funciones podría coincidir. Esta reflexividad aplicada al mecanismo no hubiera sido posible sin dos ideas básicas: la diferenciación entre la memoria y el centro de procesamiento de la máquina y la idea de programación. La primera de estas ideas es original de Babbage, la segunda es tomada del modo de control del telar de Jacquard (1805) mediante tarjetas perforadas.

Babbage aplica a su máquina una distinción fundamental entre las funciones de almacenamiento y el cálculo aritmético, la cual se materializa en la separación de los dos componentes principales de la máquina: la memoria (store) y el molino (mill). En la memoria se almacenan los datos ingresados por el operario de la máquina y los resultados de las operaciones realizadas por el motor⁵, el molino recibe estos valores numéricos almacenados y realiza las operaciones aritméticas. Esta división estructural en la máquina tiene una gran relevancia

teórica, puesto que refleja la división conceptual entre variables y operaciones, propia del enfoque algebraico de Babbage y la Sociedad Analítica de Cambridge. Los matemáticos nucleados en esta sociedad, entre ellos Babbage, estuvieron particularmente interesados en los asuntos metodológicos de notación y lenguaje en matemática, destacando las ventajas de la utilización de un lenguaje simbólico del tipo utilizado por el álgebra de Viete (1591) y con ello la precisión lograda en el razonamiento a causa de la abstracción del significado y la explicitación de las relaciones.

Antes del siglo XIX, la matemática había sido considerada una ciencia de la cantidad y con ello el enfoque geométrico mantenía su superioridad, pero la creciente utilización y los beneficios de las técnicas algebraicas no sólo cuestionaron esta asunción —dado que los símbolos algebraicos representan tanto cantidades como operaciones— sino que la revirtieron, la atención principal empezó a dirigirse a la propiedad formal de los operadores más que a las propiedades intuitivas de los objetos siendo operados. En este contexto, Babbage concibe que el álgebra —y con ello la matemática— asume una dimensión enteramente operacional, importando casi de manera exclusiva la manipulación formal de símbolos regida por reglas preestablecidas (Dubbey, 1978, p. 105).

El diseño del Motor Analítico estuvo en consonancia con estas nuevas ideas sobre la matemática y funda sobre ellas su modo de acción:

«In studying the action of the Analytical Engine, we find that the peculiar and independent nature of the considerations which in all mathematical analysis belong to operations, as distinguished from the objects operated upon and from the results of the operations performed upon those objects, is very strikingly defined and separated» (Lovelace 1961, p. 247).

La diferenciación entre operaciones y objetos parece ser uno de los principios básicos que hacen posible que el proceso reflexivo del Motor Analítico sea realizado con éxito, encauzando la cuestión de la mecanización de las operaciones hacia la recursividad de los procesos, sin la aparición del clásico problema de la circularidad. Lo que salva al motor Analítico de la acusación de circularidad es el énfasis sobre la dimensión operacional más que sobre la naturaleza teórica de los objetos siendo operados. Así, Babbage entiende que una función es el resultado de cada operación que puede realizarse sobre la cantidad (Dubbey, 1978, p. 51-52). La función es visualizada en el funcionamiento de la máquina como una regla constructiva o algoritmo y los objetos son determinados a partir de ella en un proceso recursivo de realimentación en sucesivos estados de computación.

En el proceso de determinar un resultado, el Motor Analítico pasa por una secuencia de estados operativos que establecen el curso de una computación: «In each of these states the mechanism is ready to act in the way peculiar to that state, on any pair of numbers which may be permitted to come within its sphere of action» (Lovelace

1961: 261.). Aquello que permite a la máquina seleccionar cuál es la operación adecuada en cada paso del cálculo es la idea de programa, la cual está materializada en la utilización de tarjetas perforadas que inician procesos internos controlados por lo que Babbage llama barriles (barrels)⁶. Existen dos tipos fundamentales de tarjetas en consonancia con la distinción entre objetos y operaciones: las tarjetas de variables que controlan el paso del número adecuado desde la memoria al molino —ya sea un número ingresado por un operario o un número que resultó de una operación realizada por el motor— y las tarjetas de operaciones que determinan cuál es el estado de la máquina en cada paso de la computación —estado de multiplicación, de suma....—, o sea, cuál es la secuencia de operaciones.⁷

La utilización de tarjetas perforadas para controlar tanto el curso y naturaleza de las operaciones como los objetos operados le otorga universalidad al mecanismo, convirtiéndolo en una máquina del tipo más general. Así como Babbage señala que gracias a la utilización de tarjetas perforadas el telar de Jacquard es capaz de tejer cualquier diseño que la imaginación conciba (Babbage, 1961, p. 55), Menabrea sostiene que las tarjetas de control son capaces de reproducir todas las operaciones que el intelecto realiza en orden a obtener un resultado (Menabrea 1961, p. 241). En tanto, Lovelace recuerda que el motor no es sólo capaz de calcular una función particular, sino cualquier función, de cualquier grado de generalidad y complejidad (Lovelace 1961, p. 245).

La diferenciación conceptual entre datos y operaciones y la idea de insertar un programa en la máquina hacen posible que el Motor Analítico desarrolle operaciones reflexivas, que coma su propia cola, y que ello no constituya un problema de circularidad, sino que sea precisamente el principio del cual depende el desarrollo de procesos complejos y generales —o universales— de manera mecánica. Todo esto convierte al Motor Analítico en una máquina absolutamente distinta de todas sus predecesoras y contemporáneas, ya que el movimiento reflexivo del mecanismo permite el paso desde la idea de mecanizar operaciones aritméticas simples a la de desarrollar un cálculo algorítmico.

4. El motor analítico y las impotencias de las máquinas

En el contexto de discusión de los límites de lo mecanizable, y con la esperanza de distinguir lo que aún es reino exclusivo de la mente viva, Peirce señaló hacia finales del siglo XIX dos impotencias inherentes a cualquier máquina: (I) la incapacidad de poseer originalidad e iniciativa y (II) la limitación absoluta de sus capacidades. Ambas apreciaciones nos aportan una cierta concepción de máquina en consonancia con aquello que Peirce llama el secreto de toda máquina —o máquina de razonamiento, lo que es lo mismo—, esto es la relación causal entre sus partes físicas. Podemos valorar al concepto de máquina de Peirce como una noción tradicional que bien es dable discutir a la luz de la

definición de máquina que surge del trabajo de Babbage.

(I) La ausencia de originalidad e iniciativa

Al explicar la primera de las impotencias, Peirce apunta a la ausencia de autonomía de cualquier mecanismo: no puede encontrar sus propios problemas, no puede alimentarse a sí mismo, no puede dirigirse a sí mismo entre diferentes procedimientos posibles. «The whole business of initiative is still thrown upon the mind; and this is the principal labor» (Peirce 1997, p. 16).

Luego de examinar algunos principios básicos del Motor Analítico de Babbage, luce claro que la impotencia que señala Peirce en (I) no es en absoluto una impotencia inherente a cada máquina, sino a su propia noción tradicional de máquina, reducida a conexiones causales entre las partes de un mecanismo. La lectura de Peirce parece haber obviado la dimensión reflexiva de la máquina de Babbage, por ello colocó a esta última al nivel de cualquier otra máquina de razonamiento, esto es, al nivel de cualquier otra máquina. Pero el Motor Analítico no es igual a cualquier máquina de su tiempo, no es una máquina que necesite que cada dato y cada instrucción le sean administrados por un operador humano, sino que es una máquina que muerde su propia cola, esto significa tanto que es capaz de alimentarse a sí misma por el mismo proceso de cálculo como que puede encontrar sus propios problemas y sus propios cursos de acción. Las operaciones realizadas y controladas por el mismo motor —y no tan sólo los datos que el operario ingresa— determinan el curso de la computación y cambian el conjunto de instrucciones dentro de la máquina y por su sola acción, sin la intervención de la inteligencia humana. Menabrea destaca esta capacidad que permite que el Motor Analítico ejecute por sí mismo, y por su naturaleza condicional, la secuencia de operaciones necesarias para la solución de un problema dado:

«Therefore, since, from the moment that the nature of calculation to be executed or of the problem to be resolved have been indicated to it, the machine is, by its own intrinsic power, of itself to go through all intermediate operations which lead to the proposed result, it must exclude all methods of trial and guess-work, and can only admit the direct processes of calculation» (Menabrea 1961, p. 230).

Las palabras de Menabrea ilustran muy bien la idea de un proceso mecánico y la intuición de efectividad que hay en él. Refieren a un proceso paso a paso iniciado por un conjunto de datos y desarrollado determinísticamente de acuerdo con un conjunto de reglas preestablecidas. Menabrea destaca así que la capacidad del motor de encontrar sus propios problemas no radica en una capacidad «mental» al estilo de lo que señala Peirce, sino en la misma potencialidad de la idea de un cálculo mecánico: «... for the machine is not a thinking being, but simply an automaton which acts according to the laws imposed upon it» (Ídem).

En una nota a pie de página, Lovelace redobla la apuesta y señala, en relación a las palabras de Menabrea, que la naturaleza mecánica del cálculo no sólo no impide, sino

que posibilita, que el motor modele su propio camino: «The engine is capable, under certain circumstances, of feeling about to discover which of two or more possible contingences has occurred, and for then shaping its future course accordingly» (Lovelace 1961, p. 230). Lovelace puede estar refiriendo aquí al mecanismo de «acarreo anticipatorio» (anticipatory carriage) descrito por Babbage como el mecanismo mediante el cual el Motor prevé por sí mismo el efecto de una operación de acarreo en la suma y actúa bajo esa previsión (Babbage, 1961, p. 53). Este mecanismo permite que la máquina tome decisiones en beneficio del tiempo requerido para realizar el cálculo. Pero es de destacar que la máquina no tan sólo puede decidir cuál es el curso de acción más conveniente, sino que incluso en su accionar permanente debe decidir cursos fundamentales de acción y es esto lo que hace que la efectividad del proceso no sea únicamente vista cual elemento auxiliar para reducir tiempos, sino que se la comprenda como un elemento clave y original de la naturaleza de esta máquina. Este es el caso cuando el Motor Analítico cambia de un conjunto de tarjetas de operación a otro, sin la necesidad del control de un operario humano.

El telar de Jacquard, del que Babbage tomó la idea de tarjetas perforadas, requería la intervención de un operario que decidiera y efectuara los cambios de tarjetas para dirigir los procesos que se iniciaban, en cambio en el Motor Analítico este procedimiento está bajo el absoluto control de la máquina, al punto que toma cursos de acción desconocidos por la misma persona que opera o programa. De esta manera, Babbage relata en su autobiografía la enorme dificultad a la que se enfrentó para pasar del modo de control asistido del telar de Jacquard a un modo de autocontrol requerido por su máquina: «His real difficulty consisted in teaching the engine to know when to change from one set of cards to another, and back again repeatedly, at intervals not known to the person who gave the orders» (Babbage, 1961, p. 66).

Según lo dicho, parece cristalino que la máquina de Babbage excede la impotencia señalada por Peirce en (I), el Motor Analítico tiene la suficiente originalidad e iniciativa como para actuar de acuerdo a su propia dirección en la búsqueda de problemas y sus resultados. Pese a ello, Lovelace nos señala otra arista a considerar de esta impotencia, la misma que Turing llamó la Objeción de Lady Lovelace (Turing 1950): «The Analytical Engine has no pretensions whatever to originate anything. It can do whatever we know how to order it perform» (Lovelace, 1961, p. 284). Lovelace nos recuerda que pese a que la máquina tenga la capacidad de actuar bajo su propio control en relación a las acciones intermedias, su comportamiento es sin embargo teleológico, apunta a un fin último especificado por el agente humano que la programa.

En este punto podemos concederle la razón a Peirce si consideramos su propio contexto, pero no debemos confundir su contexto con el nuestro. Actualmente sabemos, gracias a la demostración de indecidibilidad



recursiva del Entscheidungsproblem dada por Turing, que no obstante conocer el estado inicial de una máquina, sus datos y el programa, no podemos acertar a saber su comportamiento final; aunque sabemos con exactitud cómo ordenarle a una máquina cualquiera —como el Motor Analítico, por ejemplo— que realice cierta acción específica, no podemos asegurar que esa máquina carecerá de iniciativa y hará lo que le ordenemos. Por la insolubilidad recursiva del halting problem, cada máquina es en sí misma indecidible y es susceptible de exceder aquella impotencia aparentemente inherente que señaló Peirce. El nuevo concepto de máquina que resulta de ello enfrenta aquella esperanza de Peirce: ya no todo el trabajo de la iniciativa está encomendado a la mente, claro que inmediatamente nos surge la pregunta ¿cuál es entonces la principal labor de la mente?

(II) La impotencia de los límites absolutos

La segunda impotencia que señala Peirce apunta a las limitaciones absolutas de las máquinas, y con ello refiere a dos aspectos, esto es tanto a la limitación de la cantidad de datos con los que una máquina puede tratar como a la limitación del propósito particular para el cual la máquina fue ideada.

Respecto de la primera limitación, sobre la cual curiosamente Peirce se explaya más, las máquinas lógicas según se nos explica están limitadas a un número preestablecido de términos o variables y no pueden sobrepasarlo. En cambio, la mente humana, aunque en sí misma posee también estas limitaciones, puede excederlas si cuenta con lapicera y papel y se hace buen uso del álgebra: «Whatever limits can be assigned to its capacity to-day, may be over-stepped to-morrow» (Peirce, 1997, p. 16). Peirce parece haber obviado aquí también la capacidad del Motor Analítico para tratar con cualquier cantidad y magnitud de datos, pues ciertamente la máquina no tiene límites en la magnitud de los números usados ni en el número de cantidades, ya sean variables o constantes (Lovell, 1961, p. 284). Claro que hay un límite material o técnico en las posibilidades de almacenamiento y procesamiento de grandes cantidades de datos, pero esto concierne más al nivel de desarrollo tecnológico y a la complejidad de los problemas que a impotencias o límites absolutos.

Lo más relevante es que la máquina de Babbage no sólo podría trascender estos límites materiales —basta con agregar más ejes o más ruedas sobre un eje, la posibilidad de incremento es potencialmente infinita—, la capacidad a destacar para trascender aquellos límites absolutos que señala Peirce se encuentra en la naturaleza reflexiva y programable de la máquina. La capacidad del motor de tomar el resultado de sus mismas operaciones y determinar en base a ello el curso de sus acciones siguientes, dándose a sí mismo —de un modo condicional— la dirección a seguir, le aporta la potencia necesaria para realizar cualquier especie de cálculo (Menabrea 1961, p. 231) y no sólo uno en particular como se desprende de la crítica de Peirce. Desde un punto de vista formal, la capacidad de cálculo que se le atribuye al

Motor Analítico es equivalente a la de una máquina de Turing⁸, aun más, a la de la Máquina Universal de Turing. Tanto Babbage, Lovelace como Menabrea a menudo han destacado este potencial universal que el Motor Analítico tiene; Judson Webb y luego Robin Gandy siguieron esta lectura relativa a la máquina señalando la sorprendente anticipación sobre la noción de procedimiento efectivo (o computabilidad) que surgirá del trabajo de Turing en 1936. Menabrea ofrece un ejemplo de esta anticipación al sostener que la máquina de Babbage es capaz de «... to reproduce all the operations which intellect performs in order to attain a determinate result, if these operations are themselves capable of being precisely defined» (Menabrea, 1961, p. 241). Webb señala que si asumimos que las operaciones efectivas son las mismas que aquellas que pueden ser definidas con precisión, entonces estamos frente a una forma de la tesis de Turing: un procedimiento es efectivo (o una operación es capaz de ser definida con precisión) si puede ser realizado por una máquina de Turing (o por el Motor Analítico).

Desde esta perspectiva, vuelve a cobrar sentido la afirmación de Lovelace: el Motor Analítico es una expresión tangible de la ciencia de las operaciones, o sea, refleja el estudio de cómo definir con precisión las operaciones para que el trabajo mental sea reemplazado por operaciones mecánicas. Resulta evidente que hacia la década de 1840 la ciencia de las operaciones no era más que una idea novedosa empezando a ser explorada; las circunstancias técnicas y sobre todo teóricas de la época histórica impidieron su avance en aquel marco. Sin embargo, como Turing ha señalado, el Motor Analítico es, sin más, una máquina universal (Turing, 1950, p. 450), de modo que el motor de Babbage con el programa adecuado y el soporte técnico suficiente sería capaz de imitar el comportamiento de cualquier máquina o cualquier operación susceptible de ser precisamente definida.

Si cuando Peirce sostiene que las máquinas tienen limitaciones absolutas está indicando la limitación a comportamientos restringidos, o sea, la ausencia de universalidad, el Motor Analítico sortea exitosamente esta impotencia, tanto en dirección a la cantidad de datos —exigencia menor— cuanto también, y sobre todo, en dirección a la posibilidad de ampliar los límites de lo mecanizable más allá de propósitos particulares. La máquina de Babbage parece capaz de exceder límites así como lo hace la mente humana; lo que hoy es percibido como un límite mañana será sobrepasado por programadores avezados. Los límites que señala Peirce no son absolutos y las impotencias no son inherentes a las máquinas. Deberá pasar medio siglo para que el esclarecimiento del concepto de procedimiento efectivo evidencie que los límites absolutos de las máquinas resultan de la distinción formal entre lo computable y lo no-computable.

Conclusión

El siglo XIX debió asistir a la ampliación de los límites de lo mecanizable, desde la mecanización de lo físico a la

mecanización de lo mental, y con ello al riesgo de la disolución de los límites entre un proceso mecánico efectuado por una máquina y un proceso inteligente llevado adelante por un ser humano. Hacia finales del siglo, Peirce plantea la pregunta fundamental: hasta dónde pueden llegar las máquinas en el reemplazo del pensamiento.

Su respuesta suena tranquilizadora todavía hoy, las máquinas tienen impotencias que le son inherentes, el ámbito del pensamiento no es coextensivo con el ámbito de lo mecanizable. Pusimos esta respuesta en diálogo con las capacidades de una máquina que Peirce conocía, el Motor Analítico de Babbage, y lo sorprendente es que mucho de su potencial trasciende los límites señalados por Peirce.

El Motor Analítico de Babbage, precursor teórico de la máquina universal de Turing y antecesor práctico de nuestras computadoras multipropósito, pone en evidencia otro concepto de máquina en el cual la conexión causal entre sus partes móviles no lo explica todo. El concepto tradicional de máquina, sostenido por Peirce, es limitado pues no concibe la reflexividad y programabilidad de los mecanismos, lo cual constituye aquello que permitió que el fenómeno de la mecanización avanzara hacia la

consecución de procesos complejos de cualquier naturaleza.

Más allá del interés histórico de esta disputa, lo que queremos destacar es que el concepto de máquina de cada época, modelado por máquinas particulares y concretas, influye sobre discusiones filosóficas sustanciales y no siempre la noción utilizada va en consonancia con los desarrollos teóricos y técnicos de la época. Actualmente, muchas de las discusiones en filosofía de la mente, de las matemáticas y de la técnica prescinden de la universalidad del concepto de procedimiento mecánico (o efectivo) derivado del análisis de Turing en 1936 y vislumbrado por Babbage en la década de 1840. Las máquinas de nuestra época ya no son sólo las máquinas que usamos, son también las máquinas teóricas y sus principios formales.

La nueva idea de máquina («nueva» aunque comenzó con el trabajo de Babbage) plantea un nuevo escenario para las viejas preguntas filosóficas. Esto no significa que podemos responderlas con simpleza y determinación absoluta (es quizá por esto que siguen gozando de su naturaleza filosófica). Sí poseemos muchas más herramientas para emprender un análisis sobre los límites de la mecanización y la exploración de aquello propiamente humano -si es que algo así existe-.

Notas

1. La idea de máquina que se desprende de la teoría de la computabilidad, particularmente del trabajo pionero de Alan Turing (1936), es la de una máquina abstracta, universal e impredecible.
2. Peirce es reconocido como uno de los precursores de la teoría de funciones recursivas, él aportó una de las primeras definiciones recursivas de suma y multiplicación de números naturales. Cf. Adams, 2011, pp. 6-7.
3. Peirce conocía el trabajo de Babbage, incluso escribió un obituario tras la muerte de Babbage en 1871, allí lo recuerda como “el inventor de máquinas calculadoras”, referencia pobrísima para el Motor Analítico, aunque también sostiene que esta máquina “es incuestionablemente la obra más estupenda de la invención humana” (Peirce, 1871). En el artículo de 1997, *Logical Machines*, Peirce menciona el Motor Analítico como una clase de máquina lógica considerada útil, aunque entre paréntesis agrega lo que podríamos considerar la causa injustificada de su desestimación: diseñada pero jamás construida.
4. En una carta dirigida al Duke of Wellington, Babbage refiere a sus máquinas como “the first conversion of mental into mechanical processes” (Babbage, 1834; tomado de Priestley, 2011, p. 26).
5. Los valores numéricos son representados en distintas posiciones de ruedas (wheels) montadas sobre un eje vertical (axis); hay una rueda por cada dígito decimal y hay un eje para cada número de cualquier cantidad de dígitos.
6. Las tarjetas y los barriles conciernen a distintas jerarquías de control, correspondiéndose con las ideas de programación y microprogramación: “The person programming the Analytical Engine would use punched cards that initiated sequences of microoperations. Babbage had a clear understanding of such hierarchies of control” (Bromley, 1982: 198).
7. Además, Babbage pensó en tarjetas de combinación –insertadas en la secuencia de tarjetas de operaciones- para aquellos casos en los que una operación o una secuencia de operaciones debiera ser repetida en un mismo cálculo y en tarjetas de números –controladas por las tarjetas de variables- para insertar números distinguidos en la memoria evitando la entrada manual de los mismos y permitiendo su reutilización.
8. Gandy señala que las funciones que puede calcular el Motor Analítico son precisamente las funciones Turing computables. Cf. Gandy, 1988, p.53.

Referencias bibliográficas

- ADAMS, R. (2011). *An early history of recursive functions and computability from Gödel to Turing*. Boston: Docent Press.
- BABBAGE, Ch. (1961). “Passages from the Life of a Philosopher (1864)” en Morrison y Morrison (1961): 9 – 157.
- BABBAGE, H. (2010). “Proceedings of the British Association, 1888” en Babbage, H. (2010): 331- 337.
- BABBAGE, H. (Ed.) (2010) *Babbage’s Calculating Engines*. New York: Cambridge University Press.
- BOWDEN, B. (1953). *Faster than Thought*. London: Sir Isaac Pitman & Sons, Ltd.
- BROMLEY, A. (1982). “Charles Babbage’s Analitical Engine, 1838”. *Annals of the History of Computing*, 4 (3).
- DUBBEY, J. (1978). *The mathematical Work of Charles Babbage*, Cambridge: Cambridge University Press.
- GANDY, R. “The confluence of ideas in 1936” en Herken, R. (Ed.) (1988). *A half-century survey on The Universal Turing Machine*. New York: Oxford University Press. 55-11.
- LOVELACE, A (1961). “Sketch of the Analytical Engine invented by Charles Babbage (1843)” en Morrison y Morrison (1961): 225 –297.
- MENABREA, L. (1961). “Sketch of the Analytical Engine invented by Charles Babbage (1842)” en Morrison y Morrison, 1961. Pp. 225 –245.
- MORRISON, Ph. y MORRISON, E. (Eds.) (1961) *Charles Babbage and his Calculating Engines*. Selecting Writtings by Charles Babbage and Others.. New York: Dover Publications.
- PEIRCE, Ch. (1871). “Charles Babbage”. *Nation*, 13 (9):207-208.
- PEIRCE, Ch. (1997). “Logical Machines”. *Modern Logic* 7 (1): 71 – 77.
- PRIESTLEY, M. (2011). *A Science of Operations. Machines, Logic and the Invention of Programing*. Springer. London.
- STOKES, G. (2010) “Report of a committee apointed by the Council to examine the calculating Machine of M. Scheutz” en Babbage, H. (2010): 264-269.
- TURING, A. (1950). “Computing machinery and intelligence”. *Mind* LIX (236): 433-460.
- TURING, Alan (1965) *On Computable Numbers, with an Application to the Entscheidungsproblem* (1936) en DAVIS, Martin (1965) *The Undecidable: Basic Papers on Undecidable Propositions, Unsolvable Problems, and Computable Functions*. New York: Raven Press, 115 – 151.
- WEBB, J. (1980). *Mechanism, mentalism, and metmathematics*. Dordrecht: D. Reidel Publishing Company.
- WILKES, M. (1997). “Babbage as a computer pioneer”. *Historia Mathematica* 4 (4):415- 440.

