

Clase 4

Conocimiento, Inteligencia Artificial y Algoritmos.

4.1 Introducción

Más de una vez se han preguntado los filósofos si el conocimiento, o al menos su parte lógica, se reduce a cálculo. Y más de una vez, a lo largo de la historia, se ha respondido afirmativamente a esta pregunta. Thomas HOBBS, figura clásica del pensamiento político moderno, le dio el título de Computatio sive Lógica («Cálculo, es decir, lógica») a la sección en que se ocupa de ésta en su obra De Corpore (1655). Mucho antes de él, ya en la Edad Media, Raimundo LULIO ideó en su Ars magna (1273) un método de cálculo general de verdades sobre Dios y el universo. Y once años después de Hobbes el joven LEIBNIZ desarrolló en su Dissertatio de arte combinatoria (1666) la idea de un cálculo universal del pensamiento.

Esos tres proyectos partían del supuesto de que el conocimiento matemático y lógico es puro cálculo. Una versión de este enfoque en nuestro siglo la representa la tarea que el matemático y lógico contemporáneo David HILBERT denominó Entscheidungsproblem (problema de la decisión), entendiendo por tal el problema de hallar un método de cálculo que permita decidir mecánicamente para toda fórmula lógica si es o no válida. Eso podría implicar que todo problema matemático fuese mecánicamente resoluble.

Parte esencial del cálculo es, evidentemente, el uso de reglas. En un sentido más preciso, sin embargo, convenimos en decir que algo es efectivamente calculable o computable si existe un algoritmo, o procedimiento de decisión, o procedimiento efectivo que lo resuelva.

En particular, en relación con la inteligencia artificial y la lógica, a nosotros nos interesa introducirnos en el análisis acerca de si hay alguna manera de reducir el conocimiento, o parte del conocimiento, a un conjunto de reglas matemáticas y lógicas que puedan luego ser trasladadas a un sistema informático. Y cuáles son los límites actuales de dichos métodos.

En esta clase haremos un breve paréntesis a nuestro estudio de la lógica proposicional para dedicarle un momento a este tema.

4.2 El conocimiento

El conocimiento es el acto consciente e intencional para aprehender las cualidades del objeto y primariamente es referido al sujeto, el Quién conoce, pero lo es también a la cosa que es su objeto, el Qué se conoce. Su desarrollo ha ido acorde con la evolución del pensamiento humano. La epistemología estudia el conocimiento y ambos son los elementos básicos de la investigación científica, la que se inicia al plantear una hipótesis para luego tratarla con modelos

matemáticos de comprobación y finalizar estableciendo conclusiones valederas y reproducibles.

La investigación científica ha devenido en un proceso aceptado y validado para solucionar interrogantes o hechos nuevos encaminados a conocer los principios y leyes que sustentan al hombre y su mundo; posee sistemas propios basados en el método de hipótesis-deducción/inducción complementados con cálculos estadísticos y de probabilidades.

El camino recorrido por el ser humano en busca del conocimiento es vasto y va desde las primigenias ideas platónicas -abstractas, lejanas de objetos concretos, de carácter mágico realista y donde el conocimiento es simplemente la imagen de objetos externos y sus relaciones- hasta el constructivismo y el evolucionismo. En este largo camino, el hombre siempre trata de aprehender de lo que está en su circunstancia y empírica e intuitivamente comprende que, si quiere sobrevivir en el hostil y cambiante medio, que no podía explicárselo, debe encontrar una respuesta satisfactoria para cada cosa o hecho nuevo que se le presente.

Difícil posicionamiento inicial de la especie humana, que comienza a mejorar cuando desarrolla el lenguaje, herramienta fundamental en la comprensión, interpretación y transmisión de lo que acontece a su alrededor.

Es este afán de conocer lo que le ha permitido ser la especie dominante de hoy. Cada cambio en ese largo camino le conduce a las diferentes formas de concebir su realidad evolucionando acorde a la circunstancia predominante, y aún no termina.

4.2.1 Adquisición del conocimiento

El proceso de desarrollo del conocimiento siempre va paralelo a la concepción humana del mundo, por lo que sus modalidades no aparecen bruscamente y menos en abstracto, sino al contrario, cada una se nutre en la anterior y esta a su vez es propuesta para la que le sucede. Esta progresión, propiciada por la necesidad humana de explicarse hechos o acontecimientos que ocurren en su existencia o por el afán natural de comprender dichos acontecimientos, se inicia muy temprano con explicaciones míticas que luego son cuestionadas, lo que condiciona varias fases de cambio, generalmente ascendentes.

Es así que la especie humana concibe al conocimiento como el proceso progresivo y gradual desarrollado para aprehender su mundo y realizarse como ser individual, y como especie.

Hay distintas etapas o formas de validar el conocimiento, entre las cuales podemos encontrar:

- Conocimiento empírico: En sus inicios, el ser humano por observación natural comienza a ubicarse en la realidad, apoyado en la experiencia de

sus sentidos y guiado únicamente por su curiosidad. Este conocer inicial aprendido en la vida diaria se llama empírico, por derivar de la experiencia, y es común a cualquier ser humano que cohabite una misma circunstancia.

- Conocimiento filosófico: Conforme la humanidad avanza, busca conocer la naturaleza de las cosas y para entender mejor su entorno, y a sí misma, se cuestiona cada hecho aprehendido en la etapa del conocimiento empírico. Este cambio propicia una nueva forma de alcanzar el conocimiento, a la que se denomina filosofía.
- Conocimiento científico: El ser humano sigue su avance y para mejor comprender su circunstancia explora una manera nueva de conocer. A esta perspectiva la llama investigación; su objetivo: explicar cada cosa o hecho que sucede en su alrededor para determinar los principios o leyes que gobiernan su mundo y acciones. La principal diferencia entre conocimiento científico y filosófico es el carácter verificable de la ciencia.

En particular, como rama de las ciencias exactas, nos enfocaremos en el conocimiento científico.

La ciencia estudia hechos poco conocidos, insuficientemente explicados o carentes de información aceptada. La búsqueda de solución para esas, y otras, incógnitas es el campo de lo que se denomina **investigación científica**. Ésta se basa en el método hipótesis-deducción/inducción, complementándose con cálculos estadístico-probabilísticos para resolver sus hipótesis, formular nuevos factores de interrelación o nuevas teorías.

Básicamente, podemos resumir el método de adquisición de conocimiento mediante investigación científica en los cuatro capítulos más frecuentes, pero no los únicos, de la cotidianidad de la ciencia y la tecnología:

1. Obtención de información, o de mayor información, sobre fenómenos o sistemas científicos en actual uso.
2. Demostración de una teoría o modelo en los que se basa un proceso o sistema.
3. Comparación de hechos o sistemas ya aceptados en determinados procesos, a fin de verificar si se corresponden con condiciones de validez aceptadas a la luz del conocimiento actual.
4. Establecimiento de nuevas metodologías auxiliares para el mismo proceso de investigación, tal la creación de instrumentos de medida o de contraste.

Resulta evidente que la lógica tiene un papel fundamental en este proceso de investigación científica, mediante construcción de argumentos lógicos deductivos e inductivos válidos que permitan verificar o refutar hipótesis; siendo además base de la demostración de teoremas.

4.2.2 Usos del conocimiento

En general, hemos mencionado que la humanidad usa el conocimiento para asimilar el mundo y en cierta medida tratar de dominarlo, lo cual nos tiende a facilitar la toma de decisiones y la resolución de problemas.

En particular, la investigación científica está encaminada a aumentar los conocimientos del ser humano o a mejorar su calidad de vida. Estos objetivos implican desde aplicaciones industriales de la ciencia u optimización de la salud y bienestar humanos hasta el desarrollo de cuestionamientos que le permitan encauzar el avance en otros aspectos, tal su realización como ser humano, campo este tradicionalmente dominado por, o compartido con, la filosofía.

Uno de los tantos usos del conocimiento, y que nos interesa para la carrera, es su aplicación a la **inteligencia artificial (IA)**.

Desde el punto de vista del conocimiento, la IA involucra la "comprensión científica de los mecanismos que fundamentan el pensamiento y el comportamiento humano inteligente y su incorporación en las máquinas".

Es así que la IA ha evolucionado desde Turing hasta la actualidad hacia una disciplina transversal que "busca entender, modelar y replicar inteligencia y procesos cognitivos, involucrando variables matemáticas, lógicas, mecánicas y principios y desarrollos biológicos".

4.3 El conocimiento en la IA

En 1950 Alan TURING scandalizó a sus contemporáneos al sostener que un ordenador convenientemente programado puede resolver todos los problemas que pueda resolver la mente humana.

Esa hipótesis ha inspirado el desarrollo del área de conocimiento denominada inteligencia artificial, que empezó a cultivarse en Norteamérica muy pocos años después y constituye uno de los más interesantes campos de aplicación de la lógica a la informática. El objetivo principal de la inteligencia artificial es simular mediante programas de computadora las tareas que realiza la mente humana.

Ahora bien, la pregunta que nos podríamos hacer es... ¿puede pensar una máquina? Para dicha pregunta, Turing propuso una respuesta ya en el año 1950.

Tal como se menciona previamente, en 1950 la revista inglesa de filosofía "*Mind*" publicó el texto de una conferencia radiada de Alan Turing en la que éste sostuvo la tesis de que un computador digital puede hacer todo lo que hace el ser humano.

Esta tesis, que scandalizó a la audiencia, se apoyaba en la extrapolación de su idea matemática de «máquina universal»¹. Una computadora actual es absolutamente equiparable a una máquina universal propuesta por Turing. Pero TURING fue más allá, añadiendo que, si una máquina de esta índole está

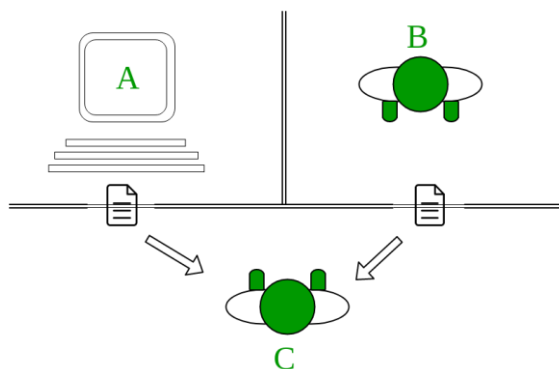
¹ La máquina universal era una máquina teórica, capaz de realizar todo cálculo realizable por cualquier máquina.

capacitada en principio para realizar toda tarea susceptible de ser resuelta por cálculo, sea con números o con palabras, entonces puede hacer todo lo que haga la mente humana.

Nos encontramos, pues, frente a una versión de la teoría que identifica al conocimiento con el cálculo. En la necesidad que tiene la máquina de ser programada veía TURING otra analogía con la inteligencia humana, que viene al mundo como pura capacidad de conocer y necesita el complemento de la educación y el adiestramiento adecuados para poder ejercer con plena eficacia la multiplicidad de funciones de las que es capaz.

La conferencia ilustraba pintorescamente la tesis propuesta apelando al **«juego de imitación»**, un juego de equívocos entre una persona que hace preguntas y otras dos, un hombre y una mujer, a las que no conoce ni ve y cuyo sexo debe averiguar mediante el intercambio de mensajes mecanografiados que no excluyen la mentira.

Si se pusiese una computadora debidamente programada en lugar de una de esas personas desconocidas y en un juego así el interrogador no advirtiese la condición no humana de su contrincante, la máquina habría demostrado, según TURING, su capacidad de simular perfectamente nuestra inteligencia.



Esta situación sería luego la base del famoso Test de Turing.

En esa misma década de los años cincuenta, las tareas inteligentes que logró simular el ordenador eran de carácter lógico-formal, como el juego de ajedrez. Fue un avance de los años sesenta la comprobación de que enriqueciendo la memoria de la computadora con información semántica los resultados obtenidos eran más espectaculares. Por ejemplo, un programa famoso de aquellos años, el programa STUDENT, alimentado con un diccionario de palabras y reglas gramaticales además de las aritméticas, logró resolver los problemas que un niño resuelve en su escuela, partiendo como él de planteamientos expresados en lenguaje natural.

Un paso más ambicioso fueron los intentos de simular, no sólo la capacidad abstracta de deducir de cualquier individuo humano, sino el saber real y concreto de una persona socialmente considerada como experto o especialista, como es el caso, por ejemplo, del ingeniero o el médico. Este saber se compone de varios ingredientes. Uno es la lógica. Otro es la información concreta sobre un dominio de la realidad, que el experto humano almacena en parte en su memoria y en parte en su biblioteca o en su laboratorio. Y otro sería un conjunto de reglas prácticas que uno aprende por experiencia y que, sobreañadidas a su capacidad

lógica, le permiten dar, cuando se le plantean preguntas de su especialidad y siempre dentro de un contexto de probabilidad o de incertidumbre, respuestas interesantes.

Los intentos de simular en ordenador esa síntesis de lógica, experiencia e inventiva que es el caudal activo del conocimiento de un profesional han tenido por resultado la creación de los sistemas expertos.

Hay varios métodos posibles de representación del conocimiento, algunos de los cuales son la lógica de predicados, los árboles jerárquicos, los grafos y redes semánticas, los marcos, las reglas de producción, etc. A continuación, veremos un ejemplo para el método mediante grafos.

Fue Charles Sanders PEIRCE, uno de los grandes fundadores de la lógica simbólica, quien concibió y desarrolló la idea de representar las estructuras lógicas mediante grafos e iconos. Inspirándose en PEIRCE, J. F. SOWA ha elaborado un sistema de grafos conceptuales de términos y relaciones que permite representar toda clase de circunstancias y modos lingüísticos que matizan o enriquecen el sentido de una proposición.

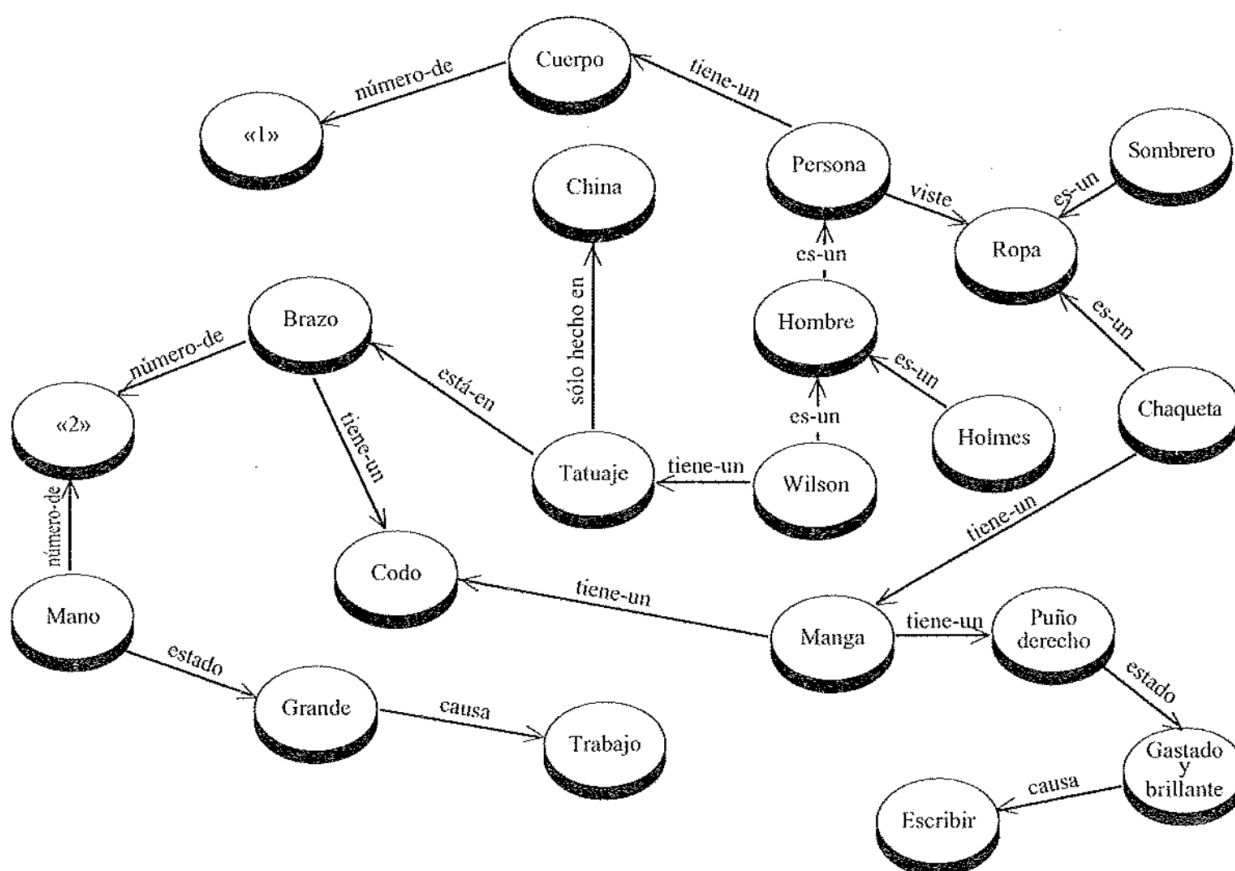
Un ejemplo clásico de cómo se podría representar el conocimiento (extraído de la popular obra sobre sistemas expertos de HARMON y KING) es acerca del peculiar método de recolección de datos del detective Sherlock Holmes y sirve para ejemplificar la manera de dar significado a los objetos mediante el simbolismo de una red semántica.

El siguiente fragmento literario es parte de la situación con que se inicia la novela *"La liga de los pelirrojos"*.

Mientras Sherlock Holmes atiende a la historia que le cuenta un visitante, su ayudante, el Dr. Watson, se afana en obtener del aspecto externo del personaje algún dato que le informe sobre la condición del desconocido huésped. Como cabía esperar, Watson fracasa en intento; pero las manifestaciones de Holmes dejan boquiabierto al mismísimo Sr. Wilson, su visitante de turno:

- Aparte de los hechos obvios de que el Sr. Wilson ha trabajado manualmente durante algún tiempo, de que ha estado en China, y de que últimamente ha escrito mucho, no puedo deducir nada más...
- Pero ¿cómo...? —pregunta sorprendida el propio Wilson.
- Sus manos, estimado señor. Su mano derecha es un poco más grande que la izquierda. Seguramente ha trabajado usted con ella y los músculos se le han desarrollado más... El pez que tiene tatuado justo encima de su muñeca sólo puede proceder de China. Esa pintura de las escamas de un delicado rosa es muy peculiar de allí... y... ¿Qué otra cosa puede indicar esa bocamanga derecha raída y brillante, y esa manga izquierda desgastada por el codo en el que se apoya sobre la mesa cuando escribe...?

La siguiente red semántica, formada por grafos conceptuales, ilustra una posible distribución de los conceptos y proposiciones involucrados en el ejemplo:



Como puede observarse, la red no sólo capta los hechos y relaciones mencionados por Holmes, sino también algunos de los datos implícitos (como «todo hombre tiene un cuerpo con dos brazos», o «una manga es parte de una chaqueta») que todas las personas utilizamos tácitamente, pero que una máquina ignoraría si no se los explicitara.

En la red distinguimos, con terminología de la actual teoría matemática general de grafos, *nodos* y *arcos* que los conectan entre sí. Los primeros representan a los objetos, mientras que los arcos expresan propiedades y relaciones que conectan a unos objetos con otros. En sus versiones más sencillas, como puede observarse en la figura, estas relaciones son del tipo «es un», «es una instancia de», «tiene», «es parte de», etc.

4.4 Los límites del conocimiento en la IA

Hoy en día la inteligencia artificial está centrada en reconocer patrones, reconocer objetos o el habla, y no sólo diferenciarlos sino comprenderlos. No sólo reconocer el lenguaje, sino comprenderlo. El reconocimiento de patrones está relacionado con el área del "data mining" (o minería de datos), que trata de extraer información útil de toda una masa desestructurada de datos. Twitter es un buen

ejemplo de cómo enormes cantidades de información sin hilo conductor aparente pueden servir para prever tendencias de consumo y otros comportamientos, incluso para detectar ataques terroristas o epidemias, y proyectar su expansión.

Sin embargo, aun con la gran capacidad de procesamiento que han alcanzado las máquinas y toda la información que está disponible, las limitaciones siguen muy presentes. En un experimento que hizo Google en 2012², pusieron una red neuronal de 16000 procesadores a ver vídeos de YouTube. Su misión era identificar gatos. Lograron prácticamente duplicar el porcentaje de aciertos obtenido hasta el momento, pero, a pesar de esto, sólo reconocieron a los gatos un 16% de las veces. Un dato más actual nos indica, por ejemplo, que en el año 2020 una IA copilotó por primera vez un avión militar, encargándose del empleo de sensores y la navegación táctica.

Sin embargo, el objetivo de la inteligencia artificial en este terreno no es sólo que una máquina sea capaz de reconocer un gato o cualquier otra forma en una escena de una película, o bien que pueda comandar los sensores de un avión. Hoy en día las máquinas pueden amoldarse a problemas, desarrollar la capacidad de extraer patrones o predecir casos nuevos, pero dentro de un contexto específico, por ejemplo, en algunos bancos se utiliza IA que usa toda la información acumulada sobre fraudes y movimientos correctos para predecir casos futuros.

El objetivo “final” sería que la IA pueda comprender la escena o la situación y darle un significado completo.

Sin embargo, para lograr esto, habría que decirle a la máquina absolutamente todas las situaciones que se puede encontrar en el medio, algo inviable hoy en día y por lo que es tan determinante incorporar una capacidad de aprendizaje avanzada, uno de los motivos por los que se intenta simular el cerebro. Pero aún no hay modelos enteros del sistema nervioso de animales sencillos, y aunque los hubiera, el cerebro es un órgano que tiene miles de millones de neuronas, todas procesando información en paralelo, y la tecnología actual es capaz de registrar sólo unas pocas de esos miles de millones de neuronas.

Es aquí cuando, desde el punto de vista de la lógica y las matemáticas, no encontramos con el tema de la intratabilidad.

4.4.1 La intratabilidad

Uno de los aspectos que inmediatamente se nos viene a la mente a la hora de pensar en “trasladar” el conocimiento humano a una máquina o bien en desarrollar máquinas “pensantes”, es que deberemos resolver problemas de distinto tipo, desde algunos muy simples hasta otros muy complejos, aunque

² [Using large-scale brain simulations for machine learning and A.I.](#)

para nosotros parezcan simples. La intratabilidad se refiere, en parte, a esta situación.

Actualmente, los científicos de la computación realizan la distinción entre algoritmos de **tiempo polinómico** y algoritmos de **tiempo exponencial** cuando se trata de caracterizar a los algoritmos como "suficientemente eficiente" y "muy ineficiente", respectivamente.

La mayoría de los algoritmos de tiempo exponencial son variaciones de búsquedas exhaustivas, mientras que los de tiempo polinómico generalmente captan algo más profundo de la estructura de un problema. La práctica en estos campos ha llevado a considerar que un problema puede ser bien resuelto si puede ser abordado exitosamente con un algoritmo de tiempo polinómico. A los que no se los puede tratar de este modo se los llama problemas intratables.

En particular, la intratabilidad de un problema es considerablemente independiente del esquema de codificación particular del problema y del modelo de computadora que se use para determinar la complejidad temporal.

En la teoría de la complejidad computacional, existe el consenso de que un problema no está "bien resuelto" hasta que se conozca un algoritmo de tiempo polinomial que lo resuelva. Por tanto, nos referiremos a un problema como intratable, si es tan difícil que no existe algoritmo de tiempo polinomial capaz de resolverlo.

Hay dos causas diferentes para la intratabilidad. Una es cuando el problema es tan difícil que se necesita un tiempo exponencial para descubrir la solución. La otra es que la solución en si misma deba ser tan extensa que no puede ser descripta con una expresión que tenga longitud acotada por una función polinómica.

Problemas intratables podemos encontrar en la teoría de autómatas, la lógica matemática y la teoría de lenguajes formales, todos campos ligados, en mayor o menor medida, a la inteligencia artificial. Las demostraciones muestran que estos problemas no se pueden resolver en tiempo polinómico usando los sistemas de computación actuales. Quizás estos problemas tengan algoritmos en tiempo polinomial que se basan en principios por ahora desconocidos, o quizás estos problemas no pueden ser resueltos en tiempo polinómico, debido a que son "inherentemente difíciles", y requieran una tecnología hasta ahora inexistente para poder ser resueltos.

Hay que aclarar que no todos los problemas intratables son imposibles de resolver, sino que algunos simplemente no tienen un algoritmo conocido que lo resuelva de manera eficiente. Muchos tienen solución, un ejemplo de esto es el siguiente problema:

En un mapa se tienen marcados n lugares diferentes de una ciudad y queremos saber si existe un camino que pase por todos esos lugares exactamente una vez (sin repetición).

Este problema es muy fácil de comprobar, es decir, si alguien propone una solución, rápidamente se puede comprobar en tan solo $O(n)$ operaciones que el camino propuesto efectivamente pasa una sola vez por los n sitios. A pesar de que es fácil de comprobar, nadie sabe cómo resolverlo fácilmente. Todos los algoritmos que se han descubierto para este problema no son esencialmente mejores que una búsqueda por fuerza bruta (pero nadie ha comprobado que no exista un algoritmo polinomial para resolverlo). Este problema se conoce como el problema de **Camino Hamiltoniano**.

Otros ejemplos de problemas intratables son, en la mayoría de los casos, los cálculos de **tomas de decisiones óptimas en los juegos**, tales como el ajedrez, las damas, el backgammon, etc.

Sin embargo, aunque un problema sea intratable, se pueden buscar algunas soluciones:

- Si la entrada es pequeña, un algoritmo con tiempo de ejecución exponencial podría ser perfectamente aceptable. Por ejemplo, si en el ejemplo de la ciudad anterior n no es demasiado grande.
- Se podrían aislar algunos casos especiales que se puedan resolver en tiempo polinomial. Algo que hace el famoso algoritmo de Dijkstra para el ejemplo del camino mínimo, poniendo ciertas restricciones al problema.
- Podríamos utilizar aproximaciones para encontrar soluciones lo suficientemente cercanas a la exacta, en tiempo polinomial. Este sería el caso para tomas de decisiones en los juegos.

Finalmente, se puede optar por dividir el problema de la generación de una conducta inteligente en subproblemas que sean tratables en vez de manejar problemas intratables.

Es así que, si bien hay multiplicidad de problemas que son intratables para las computadoras actuales, los investigadores siempre buscarán alternativas para continuar avanzando en el desarrollo de la IA.

4.5 Algoritmo

Un algoritmo es un conjunto de acciones o pasos finitos, ordenados de forma lógica y que se utilizan para resolver un problema o para obtener un resultado.

Si se detiene unos instantes a analizar esta definición, puede concluir que el uso de algoritmos es muy común en su vida diaria. Piense en algunas de las tareas que realiza desde el momento en que se levanta hasta que se vuelve a acostar. Ese conjunto de tareas lo hace de forma mecánica y repetitiva, pero por lo general

siempre ejecuta los mismos pasos. Por ejemplo, cuando se baña, cepilla sus dientes, se dirige al trabajo o la universidad, enciende su computador, hace una llamada desde su celular o busca alguna información en Google; son tan normales que pasan inadvertidas.

En este libro se explicará la forma de plasmar un conjunto de pasos que debe llevar un algoritmo para la solución de problemas que pueden resolverse mediante el uso de un computador en el momento que se traduzcan a un lenguaje de programación.

Para lograr estas soluciones, los pasos de los algoritmos no pueden pasar inadvertidos como se mencionó anteriormente que sucedía con los que se ejecutan en sus actividades diarias. Este tipo de soluciones requieren de un análisis detallado de la información que se posee y del objetivo o resultados que se pretenden alcanzar.

Como resultado de esos análisis se diseñarán algoritmos que deben cumplir con tres de sus características fundamentales, deben ser ordenados, definidos y finitos.

- **Ordenado:** el orden de ejecución de sus pasos o instrucciones debe ser riguroso, algunos tendrán que ser ejecutados antes de otros, de manera lógica, por ejemplo, no se podrá imprimir un archivo, si previamente no se ha encendido la impresora y no se podrá encender la impresora si previamente no se tiene una. Cada uno de ellos debe ser lo suficientemente claro para que determine con exactitud lo que se debe hacer.
- **Definido:** si el algoritmo se ejecuta en repetidas ocasiones, usando los mismos datos, debe producir siempre el mismo resultado.
- **Finito:** todo algoritmo posee un inicio, de igual forma debe tener un final; la ejecución de sus instrucciones debe terminar una vez procese los datos y entregue resultados.

Adicionalmente, el algoritmo debe plantear soluciones generales, es decir, que puedan ser utilizadas en varios problemas que tengan las mismas características.

4.5.1 Clasificación de los algoritmos

Existen diferentes clasificaciones de los algoritmos. Algunos autores contemplan la categoría de algoritmos matemáticos y computacionales. Otros autores, por su parte los dividen en algoritmos computacionales y no computacionales, también denominados algoritmos informales.

- **Algoritmos matemáticos:** mediante un conjunto de pasos, describen como se realiza una operación matemática.
- **Algoritmo informal:** son aquellos que son ejecutados por el ser humano. Por ejemplo, cepillarse los dientes o preparar un alimento. Aunque muchos

de las actividades que en la actualidad se pueden numerar en esta categoría podrán cambiar debido a los adelantos tecnológicos. Hace algunos años conducir un vehículo era solamente una tarea propiamente humana, hoy en día existen vehículos autónomos que circulan por algunas grandes ciudades del mundo; de igual forma la búsqueda de una dirección no era algo que pudiera realizar un computador o un dispositivo de procesamiento de datos, en la actualidad existen los GPS o también las aplicaciones que son instaladas en los Smartphone que desarrollan esa tarea y permiten guiar a una persona hacia cualquier lugar.

- **Algoritmos computacionales:** son aquellos que se diseñan para que luego puedan ser ejecutados por un computador. Este libro está orientado al desarrollo de este tipo de algoritmos.

Ejemplo

El siguiente algoritmo responde a la puesta en marcha de una lavadora:

- Paso 1: Clasificar la ropa según su color. Se levantarán por separado las prendas blancas y de colores claros de las prendas de color u oscuras.
- Paso 2: Leer en la prenda su etiqueta para averiguar la temperatura máximas y tipo de lavado (así como secado, planchado y otros).
- Paso 3: Introducir en la lavadora el detergente y suavizante.
- Paso 4: Seleccionar el programa y la temperatura idónea.
- Paso 5: Pulsar el botón de puesta en marcha de la lavadora.
- Paso 6: Sacar la ropa.
- Paso 7: Fin.