

tos y publicaciones digitalizados de los archivos, bibliotecas, etc.; el segundo es interdisciplinar y se caracteriza por incorporar otros medios, como los sistemas de información geográfica, y un tercero basado en el uso de datos y documentos electrónicos, con herramientas de explotación y de visualización, y algoritmos”.²³

En ese trajinar, y ya para finalizar, el historiador participa o incursiona en dos mundos: por un lado, aprovecha los beneficios del acceso abierto y remoto de información primaria o secundaria ofertada en portales y plataformas que mejoran la contextualización y comprensión del objeto pesquisado. Por otro, el historiador frecuente y consulta materiales alojados en bibliotecas y archivos que mantienen casi inalteradas las clasificaciones y ubicaciones físicas originarias. Ambas experiencias vertebran las prácticas de archivo que intervienen, modelan y corrigen las preguntas que formula sobre el pasado que pretende historiar, y lo colocan ante el desafío de ejercitar la difícil y fascinante operación intelectual y artesanal de utilizar testimonios indirectos para restituir y narrar uno de los pasados posibles.

23 José Ramón Cruz Mundet, “El historiador y la historia en la Edad Oscura Digital”, *Ayer* 109/2018 (1): 369-384

ACADEMIA NACIONAL DE INGENIERÍA

■ La inteligencia artificial en la ingeniería

Manuel A. Solanet. Autores: Arístides Domínguez; José Luis Rocas; Antonio Cadenas; Nicolás Gallo; Gustavo Devoto

El avance hacia la inteligencia artificial

Los problemas que más frecuentemente se dan a resolver a una computadora son expresados en la forma de un conjunto de operaciones, escritas en un lenguaje adecuado y encadenadas mediante una cierta lógica. ¿Podría hacerse que estas máquinas actúen con una cierta intuición? En ese caso sería posible preguntar si estas máquinas llegaran a poseer inteligencia.

La inteligencia es una facultad que se presenta con diferentes grados. Si se acepta que la inteligencia está estrechamente relacionada con el aprendizaje, es razonable pensar que ninguna máquina de funcionamiento totalmente algorítmico pueda tenerla en un grado muy significativo. Puede extenderse esta conclusión a las máquinas capaces de reconocer los caracteres del alfabeto y otros símbolos numéricos y no numéricos (lectoras ópticas).

Un sistema inteligente capaz de aprender tiene que tener la capacidad de auto organización. El interés en lograrlo provocó una floración de investigaciones y el consiguiente desarrollo de una clase de máquinas capaces de aprender, conocidas con el nombre genérico de perceptrones. Estas máquinas fueron concebidas tomando como modelo los mecanismos de reconocimiento de configuración del hombre. La red de células sensitivas es análoga a la retina, la célula de asociación es análoga a los ganglios nerviosos. No obstante, los perceptrones son aún modelos simplificados en comparación con el hombre. Aún no tienen la enorme complejidad del sistema nervioso humano, el tamaño físico tan pequeño de sus elementos componentes y la capacidad de su mecanismo de reconocimiento de configuración y aprendizaje.

Las investigaciones realizadas con miras a desarrollar sistemas auto organizables se han orientado en dos direcciones:

- la encaminada a desarrollar sistemas físicos dotados de mecanismos sensoriales y memorias organizadas en forma semejante a la del ser humano.
- la encaminada a implementar sobre las computadoras electrónicas actuales conjuntos de instrucciones que simulen los procesos de decisión del hombre.

La inteligencia artificial está tratando de descubrir la esencia de la cognición humana para acelerar la resolución de problemas complejos. La inteligencia artificial se ha desarrollado en base a la interacción de varias disciplinas, como son la informática, la teoría de la información, la cibernética, la lingüística y la neurofisiología. Entre las diferentes técnicas de la inteligencia artificial relacionadas con el aprendizaje se destacan: el aprendizaje automático (machine learning), el reconocimiento de patrones (pattern recognition) y el aprendizaje profundo (deep learning).

Todos estos procesos exigen la intervención constante de la memoria. Los primeros estudios cibernéticos realizados para simular el funcionamiento de sistemas inteligentes han partido de la hipótesis de que todo pasado se materializa en la memoria en la forma de un circuito particular de neuronas interconectadas eléctricamente. Las neuronas, existentes en el cortex cerebral (corteza cerebral) alcanzan el orden de diez mil millones. El número de elementos de unión entre ellas, las sinapsis, es aproximadamente unas cien veces mayor, o sea un millón de millones. Es desafiante el intento de cifrar el número de circuitos diferentes que pueden definirse a partir de estos diez mil millones de neuronas interconectadas entre sí por un millón de millones de sinapsis.

Durante siglos el estudio de la facultad de la memoria fue tema de especulaciones filosóficas. Sin embargo, el desarrollo de memorias artificiales ha descendido en el tiempo del plano metafísico al de las realidades concretas y este proceso es cada vez más rápido. Las máquinas dotadas de memoria son muy antiguas. En el siglo XVIII los autómatas y las cajas de música poseían un tipo muy rudimentario de memoria basada en un sistema de levas. Esa memoria era tan rústica que no podía ser comparada con la memoria humana. La aparición de las computadoras ha cambiado radicalmente esta situación. La memoria de la computadora electrónica actual puede ser asimilada a un enorme fichero con un número muy grande de compartimientos. La información se guarda en ellos o se borra en millonésimos de segundo. Para encontrar una cierta información almacenada en el fichero no hay

nada más simple que numerar los compartimientos, es decir asignar a cada uno de ellos un número de referencia. Esta característica permite establecer una diferencia fundamental entre la memoria de las computadoras electrónicas actuales y la memoria de los seres vivos:

- en las computadoras electrónicas corrientes la memoria está localizada y funciona por referencia,
- en los seres vivos la memoria es difusa o está dispersa y funciona por asociación.

La memoria localizada, con funcionamiento por referencia, característica de las computadoras electrónicas, es extremadamente eficiente en los procesos algorítmicos previamente definidos. Esto no significa que no sea posible simular otro tipo de procesos con ellas.

La memoria difusa, con funcionamiento por asociación, característica del ser humano, es apta para otra clase de procesos muy diferentes de los algorítmicos. En efecto, ella es capaz de establecer relaciones mucho más amplias con otras informaciones previamente almacenadas y generalizar las nociones que posee. Esta capacidad está relacionada con el mecanismo de invención. Es indudable que los aspectos verdaderamente originales de la inteligencia tienen una base intuitiva.

La realimentación y el aprendizaje

El hombre ha llegado a reconocer que él también forma parte del Universo en el que se encuentra sumergido y que percibe por medio de su sistema sensorial. Su cerebro y su sistema nervioso coordinan la información que sus órganos receptores le proporcionan y esta información se combina con sus vivencias anteriores, acrecentando su experiencia e influyendo a su vez sobre sus acciones futuras.

El comportamiento del hombre se basa en un proceso de realimentación a distintos niveles. La realimentación simple compara la desviación entre el resultado obtenido en una acción y el deseado y corrige la acción para lograr una mayor aproximación. La forma más elevada del proceso de realimentación involucra el aprendizaje, que llega a modificar toda su regla de conducta.

Para entender esto es necesario establecer la interrelación entre los conceptos de información, conocimiento, comunicación, lenguaje, mensaje, memoria, inteligencia, conciencia y aprendizaje, que de alguna manera hay que individualizar.

No existe aún una teoría que explique cómo con información selectiva, que es subjetiva, puede construirse información estructural, que es la que aparentemente configura el concepto de conocimiento objetivo, y cómo con ésta puede construirse información semántica, que es intersubjetiva (comunicación hombre-hombre, hombre-máquina, máquina-hombre, máquina- máquina).

Lo que sabemos transmitir con mayor precisión es la información cuantitativa, a través de la matemática, mirada esta última como un modo de expresión que guarda una estrecha relación con la lógica.

A pesar de lo anterior y de la complejidad de nuestro sistema psicosenso- rial, resulta aún difícil describir matemáticamente como resuena en nuestra subjetividad la introducción de un conocimiento. Una dificultad práctica reside en el hecho de que nadie ha podido separar con buen éxito la realidad subjetiva, que es el conjunto de las impresiones personales de sus sentidos, de la realidad objetiva, que es la que ha adquirido del contacto con los demás individuos, tanto del presente como del pasado.

Los organismos o sistemas capaces de realizar un aprendizaje tienen estructuras con diferentes grados de elaboración. La adopción de una decisión varía en cada caso con la organización del sistema sensorial y nervioso, con el grado de inteligencia (capacidad de análisis y comprensión) y con el grado de complejidad de la situación con que se enfrenta. En el caso simple del reflejo condicionado la decisión es inmediata. En cambio, si el grado de inteligencia es más elevado, hay: 1. un reconocimiento de configuración, es decir de aquello que caracteriza la una situación dada, 2. un análisis de las consecuencias de cada posible elección.

Las sucesivas etapas de reconocimiento de configuración y análisis de consecuencias, previas a la decisión en sí son selectivas e implican las dos operaciones siguientes:

- la extracción de información útil de entre la masa de información existente. Esta operación está orientada hacia el fin perseguido, en consecuencia puede afirmarse que está regida por criterios de finalidad.
- la organización y clasificación de la información recogida y su comparación con configuraciones y consecuencias registradas en decisiones anteriores. En esta operación, la imagen abstracta de la situación actual y de las consecuencias de una posible elección son comparadas con otros esquemas creados mentalmente cuando dichos conocimientos fueron adquiridos. Puede comprenderse el rol esencial que desempeña la memoria en esta operación.

El análisis de las consecuencias de una posible elección requiere la intervención de criterios de evaluación. La elección final determina la conducta del sistema (hombre, animal o inteligencia artificial (máquina)). El análisis de las conductas registradas en situaciones similares permite determinar si éste se atiene a una regla de conducta o si su conducta es errática.

El hombre toma decisiones en cada instante de su vida, y la experiencia prueba que el conocimiento de una situación nunca es completo. Resultaría imposible, aún para el hombre más inteligente, extraer de la masa de información existente toda la necesaria para definir completamente una situación. Tampoco resultaría posible analizar todas las consecuencias de cada posible elección. Es evidente entonces que en toda decisión existe una componente de naturaleza intuitiva y que ella implica la aceptación de un riesgo. De acuerdo a esto último, las componentes de una decisión pueden ser clasificadas en las dos categorías siguientes:

Componente racional: Basada en el conocimiento de la situación.

Componente intuitiva: Basada en una evaluación probabilística de lo desconocido y por consiguiente en la aceptación de un riesgo.

Se denomina artificial a todo aquello que no es natural, es decir a todo lo hecho por el ser humano, más allá de sus actividades biológicamente condicionadas.

Los hombres, los animales y las máquinas son capaces de realizar acciones. Hay acciones que podemos llamar puras y otras que podemos llamar tecnológicas. Una acción pura no es tecnológica, ya que para serlo debe ir acompañada de la reflexión. Es posible establecer la secuencia: Problema, análisis, solución, invento de lo artificial, acción tecnológica y reflexión sobre la acción. Hubo un momento en que el ser humano comenzó a ser capaz de prever el resultado de sus acciones y reflexionar sobre las consecuencias de sus actos. En ese momento comenzó a evaluar los resultados de su acción y a distinguir si éstos serán nocivos o beneficiosos para sí mismo, para otro o para su comunidad. Allí nació la Ética.

La comparación entre un ser vivo y un “ser” artificial nos lleva directamente al corazón del problema. No podemos entender un ser vivo sin entender su diseño formal y funcional, su anatomía, su fisiología, su psiquis, su lógica de pensamiento. Los “seres” artificiales (objetos, artefactos, ingenios, procesos) en cambio son diseñados por seres vivos, o sea son pensados, y diseñados por sistemas que han sido diseñados por un ser biológico (el hombre), pero esos sistemas no tienen vida, no tienen alma, no tienen conciencia, no son responsables. ¿Cuál es su ética?

La ética en el uso de la inteligencia artificial

El desafío que encierra el incalculable crecimiento de la Inteligencia Artificial plantea debates de mayor profundidad y complejidad sobre los eventuales límites éticos, según los diferentes campos. Su desarrollo se ha expandido en su utilización para fines determinados, mostrando retornos ágiles y cada vez más importantes y sostenidos en e-commerce, en la globalización de la conectividad, en la automatización de procesos y en la modificación de bioestructuras de los reinos de la naturaleza, entre otros.

Machine Learning, Data Sciences, Big Data, aprendizaje automático, redes neuronales y otros conceptos similares son, en términos sintéticos, la base del sistema, sea para extraer información de datos, procesarlos, asociarlos, interconectarlos, enfrentarlos y proyectarlos de forma constructiva, predictiva y presuntiva. Todo parte de la digitalización binaria, donde los algoritmos que combinan matemáticas y lógica son los instrumentos finos- el soft ware -, el complejo de las máquinas cada vez más eficientes y más potentes, son las herramientas- el hard ware - y los programadores, sus actores.

Aquí reside el núcleo principal de la problemática ética, ya que un programador humano podría desarrollar algoritmos que alimenten la capacidad de generar nuevos programas, en forma teóricamente ilimitada. El concepto de transhumanismo deviene de esa teoría ya que no se concibe una máquina con principios éticos, mientras el ser humano, sea religioso, agnóstico o militante de la inexistencia divina, tiene el sentido ético en su propia conformación. Llevada al extremo esta reflexión, podría sin embargo existir la potencialidad de crear programas que respeten una normativa ética, aunque el dictado de la norma finalmente se originará en el programador humano.

La aplicación de la Inteligencia Artificial a la tecnología interviene en varios procesos; algunos más identificables por su incidencia inmediata en el análisis de sus entornos éticos y en el desafío de la necesidad del debate.

Consensuar el juzgamiento de las biotecnologías aplicadas al ser humano y a la propia naturaleza de la que forma parte, en relación a la ética, puede ser difícil. Los límites no siempre son claros. El alargamiento de la vida o extensión de las facultades fisiológicas integrales del ser humano mediante la manipulación de

los radicales libres, para postergar el envejecimiento por el proceso de pérdida de electrones, puede tener tantos condicionamientos como la manipulación de la flora bacteriana para prevenir y curar enfermedades.

Ambos ejemplos, donde el término manipulación está presente, contienen vastos escenarios de desconocimiento de sus efectos secundarios y de transmisión genética y podrían, además, ser iniciadores de complejos e inescrutables efectos demográficos y sociales. El fondo del problema reside aquí que las potenciales consecuencias, incluso los razonamientos especulativos, necesitan plazo para ser evaluados y material biohumano para comprobación.

Y así como los avances de la inteligencia artificial en la biotecnología y su confrontación ética quedan en los ámbitos de diferentes ángulos de análisis, no ocurre lo mismo con los intentos de clonación humana, cuyo rechazo surge de violentar la esencia de la naturaleza humana. Como decía Aristóteles: el alma es forma; el cuerpo es materia. Este mundo material tiene los atributos de extensión y movimiento, que no se encuentran en el espíritu. Mientras el cuerpo se rige por las leyes de la mecánica, la física y la química, no hay leyes materiales que se aplican al espíritu.

La biotecnología no es el único ámbito de trabajo de la inteligencia artificial que presenta interrogantes, sobre el alcance de su penetración y consecuencias. También la aplicación de la Ingeniería Artificial a procesos de manufactura, distribución del conocimiento y utilización de los bienes de la naturaleza, tiene sus aspectos éticamente juzgables, sea por no respetar el principio de prudencia ante lo desconocido (consecuencias), la falta de dimensión de los posibles daños, (ausencia del análisis de riesgos y de consenso sobre su entidad), la facilidad de la generación de monopolios globalizados (tema crucial en la administración de la comunicación que se liga indisolublemente con la educación) el probable incremento en la desprotección de los excluidos (por carencia de base formativa mínima y/o de infraestructura de conectividad) y la creación de situaciones generalizadas de desempleo, por sustitución, sin red alguna de protección.

Todo está directamente relacionado con los peligros de los avances científicos que no han estudiado previamente a fondo sus consecuencias indirectas, asociadas, derivadas, imprevisibles e inesperadas, en base al análisis de riesgo. Aún peor, ante la falta de consenso sobre la definición del riesgo, y sus implicancias para deter-

minadas culturas donde las amenazas pueden ser oportunidades y las debilidades, fortalezas, la elasticidad de límites éticos a la investigación y aplicación de la inteligencia artificial, puede, simplemente, no tener contornos físicos desde el punto de vista del riesgo.

El mundo tecnológico actual y proyectado puede verse como un sistema global de dominio sobre la naturaleza y sobre la sociedad; una red de sistemas digitalizados que interactúan incrementando la complejidad de las interrelaciones y el alcance espaciotemporal de sus efectos, gobernado por las tecnociencias aparentemente uniformes. En esta trayectoria uniforme se cruzan las coordenadas de la eficiencia con las de la individualidad y el punto óptimo de encuentro es dinámico, ya que al final dependerá de la ubicación del concepto de la totalidad.

Repensar las condiciones y estructuras del mundo tecnológico en el que vivimos está vinculado a su origen. Si su racionalidad se alimenta del imperativo tecnológico de transformación y dominación de todos los objetos naturales, se puede entrar en un proceso similar a la fagocitosis en busca de la supervivencia sin respetar las incógnitas. No obstante, como en el origen del desarrollo está la actividad humana, todos los proyectos tecnológicos pueden ser reorientados o modificados si implican riesgos desconocidos para la naturaleza y para la vida humana. El desconocimiento de los efectos de la aplicación sin límites del ejercicio del conocimiento resulta entonces un argumento esencial para este debate y, al mismo tiempo, es el disparador para construir una ética común para el mundo tecnológico.

Es posible encontrar en el ámbito de la filosofía los mayores argumentos para encarar una ética para la inteligencia artificial. Y ellos están en la certeza de que la conciencia es parte del sujeto. El parangón con la conciencia como gran buscador de la verdad, puede que llame a confusión, porque una máquina podría programarse en igual sentido para determinados objetivos. Sin embargo, la conciencia conlleva en sí misma la dimensión infinita de objetivos. El espíritu se manifiesta a través de modalidades y tonalidades sin límites: la creatividad, los inacabables tonos de la pasión; la alegría; la congoja; el amor; la envidia; la tristeza; el entusiasmo; la desesperación; la fé y la tenacidad, son ejemplos al azar que pueden afectar, sin duda, las decisiones de la mente. Cabe recordar, en esta instancia, que el cerebro humano a través de las redes neuronales biológicas, destina la mayor parte de su capacidad a tratar y procesar información interior afectada por el innumerable conjunto de estados de ánimo, y solo utiliza un mínimo para procesar información externa.

Si la conciencia es la estructura que da pie a la ética, comprendiendo a ésta como el conjunto de valores vinculantes, normas inalterables y actitudes internas fundamentales personales que pertenecen al ámbito interior del hombre y que toman sentido en la esfera de la conciencia moral, que es inalcanzable por las leyes humanas hasta ahora, resulta lógico posible pensar que el terreno de la conciencia no es alcanzable por la máquina.

Esta conclusión, a la que se puede llegar con diferentes procesos de razonamiento, puede tener sus detractores que tratarán de demostrar lo contrario, pretendiendo que una máquina puede tener conciencia; es decir, puede tener espíritu; o negar que el espíritu sea parte de la naturaleza humana.

En materia científica es extraordinariamente difícil poner límites precautorios a la investigación, salvo que esté en juego la ruptura de límites naturales con incalculable gama de inciertas consecuencias o la disrupción de los equilibrios universales socioculturales sin remediación, al menos, en tiempos perceptibles.

No puede desconocerse el estímulo a la inteligencia humana que pueden significar la interacción con los superordenadores ni tampoco la extensión de la capacidad humana para encarar y resolver complejíssimos problemas que presenta el funcionamiento de la naturaleza. Y tampoco puede olvidarse el extraordinario estímulo que la adrenalina ejerce cuando deriva de la especulación. Ello forma parte del debate, como también lo es el escepticismo moral que pretender neutralizar la responsabilidad ética, o transformar a la conciencia en una definición vacía de contenido. Volvemos por ello entonces a referirnos a los dos grandes componentes de la naturaleza humana: la inteligencia que abreva de la razón y la sabiduría que abreva del espíritu y del modo que la historia de la existencia se ha incorporado en cada ser. Podría hablarse, en otras palabras, del ADN cultural de cada ser humano.

Aunque podrá persistir la duda sobre la auto represión, o auto censura preventiva, es responsabilidad del hombre ser lo suficientemente sabio para orientar el uso de la inteligencia artificial para bien de la comunidad mundial e impedir su abuso que solo aportará daños desconocidos a la propia vida. Una visión de que es posible una Ética Global en la Inteligencia Artificial, se basará en el entendimiento que solo la conciencia individual es la que guía las conductas bajo el principio universal de la unidad entre existencia humana y conciencia, dada la interdependencia entre todos y la conclusión de que, como individuos, somos responsables de todo lo que realizamos.

La tecnología de avanzada aplicada a la actividad bélica ha encontrado sus propios límites por la mera supervivencia del género humano. Ocurrirá sin duda lo mismo con la inteligencia artificial en sus diferentes campos de desarrollo, cuando la ética se incorpore al debate permanente en los avances, anteponiendo la sabiduría a la ciencia.

La inserción del avance tecnológico y la Inteligencia Artificial en nuestras vidas.

La responsabilidad está referida a una característica específicamente humana: “la capacidad y la obligación asociada a ella de hacernos cargo de las consecuencias de nuestras acciones”. “Un objeto artificial diseñado por el hombre es una respuesta a un problema práctico”, pero no debe olvidarse que el artefacto diseñado está dirigido a los usuarios e inspirado en los usuarios. Para ello, debe tener presente que: “Todo diseño novedoso constituye una presencia inquietante para el usuario”, consecuentemente, “en el diseñador recae la responsabilidad de lograr que la tecnología y los humanos convivan pacíficamente”.

La tecnología debería permitirnos controlar la realidad sin perder el control de nosotros mismos, o sea lograr que sus productos se inserten de forma armoniosa en nuestras vidas. Cuándo un sistema cibernético cumple con su propósito de “regular un proceso”, ¿está realizando una acción tecnológica? De acuerdo con nuestros criterios actuales deberíamos responder que no, ya que el sistema no hace una reflexión sobre su acción y no puede modificarla gracias a los resultados de esa reflexión. Pero ¿qué sucede con los sistemas inteligentes que sí pueden hacer algunas de esas cosas?

Muchas de las tecnologías tradicionales y algunas de las contemporáneas, pueden ser consideradas como originadas en intentos sucesivos y exitosos por extender el alcance de los medios físicos del hombre como ser biológico (robots), o aún de reemplazar mediante órganos artificiales algunas habilidades percibidas en otras especies y de las cuales carecemos o habilidades perdidas por ejemplo en la amputación de un miembro.

A lo largo de la historia hemos progresado, de aumentar el alcance de nuestros miembros y la fuerza de nuestros músculos a reemplazarlos paulatinamente por herramientas y fuentes de energía extrahumanas. Luego hemos reemplazado nues-

tros sentidos por sensores, y, finalmente, nuestro cerebro por sistemas cibernéticos llamados “sistemas inteligentes” o “sistemas con inteligencia artificial” (robots inteligentes y otros sistemas).

Heidegger describe a la Tecnología como una acción que va mucho más allá de lo meramente instrumental (ámbito en el que se la suele colocar). Ortega dice que el sistema tecnológico ha sido creado para facilitarnos las cosas y que logra hacerlo. Pero también dice: Desde que nos reconocemos como humanos, debemos hacer aquello que es nuestra obligación ética. Heidegger llega a la conclusión que éste es a la vez no sólo el mayor peligro al que estamos expuestos, sino el peligro por antonomasia. Este peligro consiste en que el humano avance cada vez más en su camino a ser un insumo adaptado a este nuevo mundo, el de lo artificial creado por él mismo, pero que ya no controla, y queda prisionero de él. Aún más, el sistema tecnológico que nos engloba tiende a hacérsenos invisible. Hay tantas cosas del mundo tecnológico a las que nos hemos acostumbrado, que sólo las percibimos cuando nos faltan. Una de las consecuencias del predominio actual del mundo tecnológico sobre el mundo natural es que somos cada vez más dependientes de los productos de la tecnología moderna (tecnoddependencia).

A la vez, la Tecnología se ha complicado de tal modo que la inmensa mayoría de los humanos ya no la comprende y se ven reducidos a una postura comparable a la de un salvaje, que ante los fenómenos de la naturaleza –que no controla, pero que determinan su vida– toma una actitud de reverencia, desconfianza y rencor. Es importante destacar aquí la falta de límites en lo que Heidegger y otros críticos de la tecnología contemporánea perciben como una invasión de la Tecnología a aquellos ámbitos donde no debería reinar soberana.

La inteligencia artificial tiene una potencialidad inmensa para estar presente en la mayoría de las actividades humanas. Estamos en presencia de un cambio profundo, pues se estima que en 2025 el 80% de las personas tendrán presencia digital en internet y estarán conectadas en el mundo a través de más de un billón de sensores (Schwab, 2016). Intentando dar una visión simplificada de su impacto, hemos elegido algunas áreas de interés para ejemplificar las aplicaciones existentes y futuras de la inteligencia artificial y a la vez mostrar la verdadera dimensión del desafío que ésta representa para la ingeniería que tenemos como país y para nuestra sociedad.

La inteligencia artificial es más que una nueva ola tecnológica. Es una combinación de capacidades de predicción, diseño y aprendizaje que debería lograr aumentos de productividad a ritmo exponencial en muchos sectores de la producción

de bienes y servicios. Por ejemplo, en la agricultura el reconocimiento de imágenes aplicadas en equipos de fumigación selectiva puede lograr incrementos de un 30% de los rendimientos por hectárea. En la industria automotriz, la demanda de nuevas fuentes energéticas en reemplazo de los motores de combustión, junto con las capacidades predictivas, otorgando autonomía y seguridad, son demandas concretas de inteligencia artificial para el rediseño de los móviles del futuro, que se convertirán en máquinas digitales dejando obsoletas las mecánicas del pasado. El Parlamento Europeo, ya ha aprobado la incorporación de vehículos autónomos a partir de 2030 y ha previsto en su desarrollo hasta seis niveles de autonomía, donde el grado cero corresponde a los autos actuales y uno a los que ya incorporan funciones como estacionamiento inteligente. Gracias a la inteligencia artificial, estamos en las proximidades, de una nueva revolución en la movilidad.

Los pronósticos basados en redes neuronales artificiales (RNA) permiten mejoras de hasta 300% de la capacidad predictiva en el mercado de commodities agrícolas, dejando atrás los tradicionales modelos econométricos.

La inteligencia artificial es la impulsora de una “*automatización inteligente*” aplicable en casi todas las industrias basadas en tres condiciones complementarias. Primero, la de automatizar tareas complejas de carácter físico que requieren adaptabilidad, agilidad y aprendizaje, por medio de la robotización. Segundo, la capacidad de resolver problemas en base a la asistencia de bots conversacionales (Chatbots) (*) como asistentes virtuales en línea de consultas para operarios y empleados.

(*) **Bot conversacionales (Chatbots):** Aplicaciones de software que surgieron en los años 60, y que simulan mantener una conversación con una persona al proveer respuestas automáticas previamente establecidas por un conjunto de expertos a entradas realizadas por el usuario.

Tercero, con la característica más poderosa del autoaprendizaje, en base a la repetitividad y la identificación de patrones de evolución de variables y el uso de redes neuronales, como ya ocurre en las líneas de producción alimenticia y en la industria farmacéutica.

Una condición muy diferenciadora de la automatización inteligente es que a diferencia de la automatización tradicional que se degrada en el tiempo, ésta puede mejorar constantemente por su capacidad de aprendizaje. Por ello ya se define que el valor de la inteligencia artificial es equivalente a un nuevo factor de producción que se adiciona a los ya tradicionales del capital y el trabajo. Por esta condición, en el futuro las máquinas que puedan completar tareas cognitivas serán más importantes que las que puedan lograr tareas físicas (Brynjolfsson, McAfee, 2014)

El comercio digital es una consecuencia de la mayor y más rápida conexión entre individuos y grupos, junto con la rápida difusión de la conectividad y el intercambio de información que ha permitido un incremento de las opciones y alternativas de comercialización junto con un aumento de la transparencia de las transacciones. Estos factores con refuerzo de aplicación de la inteligencia artificial, tienen impacto significativo en los modelos de negocios y en los canales de comercialización.

La inteligencia artificial profundiza las tendencias en los patrones de comercio internacional con cambios en las cadenas globales de valor, los flujos de comercio e inversión y la logística internacional. El análisis de los enormes flujos de datos de intercambio comercial, posiciones arancelarias, normas técnicas y sanitarias impulsa nuevas estrategias que pueden promover negociaciones que dan distintas oportunidades de negocios a ciertos productores y a la vez generan mejoras de agregado de valor.

Los sistemas de recomendación son sistemas de filtrado de información que se alimentan de datos provenientes de los consumos masivos de los usuarios (música, películas, libros, noticias, imágenes, otros) y permiten una personalización automatizada de los sitios en línea con el comercio electrónico, lo que busca aumentar las ventas y la fidelización del cliente. Dos casos exitosos globales son Amazon y Netflix, sirven de ejemplo para entender su extensión a todo tipo de modelo de negocios, donde la masividad y la selectividad son factores esenciales en aplicaciones complejas de inteligencia artificial.

Otra aplicación significativa de la inteligencia artificial en el comercio es la asistencia y atención al cliente en base a los asistentes de voz. Dentro de estas tecnologías, los chatbots (bots conversacionales) han probado alta efectividad, con simulaciones y frases que permiten mantener una charla con cierta estructura lógica, que le otorga realismo para indagar preferencias y proponer alternativas u ofertas para la adquisición de productos y servicios.

Otro campo importante en los procesos comerciales, complementario al comercio electrónico es la asistencia automatizada de reclamos, en base a desarrollos por aplicación de la inteligencia artificial que se acercan a la interacción humana y permiten la creación de patrones de análisis y respuestas, generando retroalimentaciones a los procesos con mayor efectividad que los humanos.

Ante los avances exponenciales de la tecnología, la educación muestra cambios lentos y en evolución lineal. En la sociedad actual hay un desafío clave ¿Cómo no quedarse atrás de la evolución tecnológica? La incorporación de la inteligencia artificial en los servicios de educación permite cambiar la lógica preexistente al proveer de elementos para acelerar el proceso cognitivo y personalizado de cada alumno, teniendo en cuenta sus estilos de aprendizaje, sus perfiles psicosociológicos y sus motivaciones particulares. Hay dos tipos de ayudas aplicadas en la educación, los sistemas tutoriales para el alumno y los sistemas instruccionales para el docente (*BID, Beliz*, 2018). Un ejemplo de ello son las plataformas de aprendizaje adaptativo, que pueden detectar las necesidades de cada alumno y proveer de textos individualizados adaptados a ellas, con registro de sus avances y evaluaciones personalizadas. Knewton, Carnegie learning, Learn Smart son ejemplos existentes hace más de 10 años, con mejoras permanentes en los recursos didácticos y alcance global. Su combinación con “*learning management systems*” como Moodle y Black board entre otros, da origen a una distinta conceptualización de la educación del futuro, ya aplicadas en las instituciones más avanzadas del mundo, transformándose en ayudas efectivas al docente.

La inteligencia artificial ha transformado la lógica lineal educativa de la “cadena de montaje de conocimientos” en una lógica adaptativa, más adecuada a las características de cómo se desarrollan los procesos de aprendizaje en las personas. Los resultados de las mejoras del aprendizaje van tardando en su cuantificación, pero es indudable que estamos en un fértil campo de transformación. El entrenamiento docente en el mundo ya se enfrenta con una gran disrupción y un desafío inevitable si se desea cerrar la brecha existente.

En el campo de la salud, el impacto más notable de la inteligencia artificial se ha producido en un inicio al mejorar el diagnóstico en base al análisis predictivo por medio del reconocimiento de patrones provenientes de imágenes. En un paso siguiente la incorporación de redes neuronales en los últimos años ha incrementado las posibilidades de disponer de medicina de precisión para atender terapias oncológicas personalizadas, como resultado de conocer la genética de cada paciente.

Consulta, diagnóstico e intervención, como actividades centrales de todo médico encuentran en las herramientas de computación cognitiva de la inteligencia artificial, un campo fundamental para ayudar a atender la compleja problemática de la salud y ha dado origen a una de las ramas más prometedoras de la ingeniería a

través de la “*bioingeniería*”. Sin dudas esta será el área de mayor impacto humano de la inteligencia artificial, permitiendo nuevos criterios de prevención y atención de la salud de las personas.

El sector público en sus áreas de gobierno es un campo muy apto para aplicaciones de inteligencia artificial. No solo para reducir los costos de transacción burocrática, sino también para acelerar y mejorar la calidad de las decisiones de sus trámites. Los ejemplos son numerosos en el mundo y ya empiezan a estar presentes en el país.

Las aplicaciones encontradas son las de procesamiento del lenguaje natural para la conversión de información no estructurada (textos) en estructurada (tablas), la clasificación automática de documentación, el monitoreo de imágenes satelitales para registros catastrales, fiscales y de obras; vigilancia de seguridad y de rutas, validación de registros biométricos, modelización predictiva de servicios y recursos, detección de fraudes, diseño de políticas públicas en base a patrones de comportamiento. Con este amplio número de oportunidades ponemos en evidencia que la transformación digital permite imaginar criterios de “*gobierno inteligente*”, donde la inteligencia artificial es la tecnología para lograr estados más eficientes y de mejor servicio a la comunidad.

Los robots

Un robot es una entidad virtual o mecánica que en los casos en que capta información y que procede en base a ella, entra en la categoría de inteligencia artificial. En la práctica, por lo general es un sistema mecatrónico que, por su apariencia o sus movimientos, ofrece la sensación de tener un propósito propio.

Tipos de robots

- Robots domésticos o del hogar.
- Robots médicos (por ejemplo los robots empleados en cirugía).
- Robots para aplicaciones militares (desactivación de bombas, transporte, aviones de reconocimiento, drones especializados en la búsqueda y rescate de personas, etc.).
- Robots de Entretenimiento.
- Robots espaciales (por ejemplo, los utilizados en las naves espaciales, en la estación espacial internacional, en los vehículos a Marte y otros).

- Robots para Educación (utilizados para enseñar robótica, robots que son solo para el ámbito del aprendizaje).
- Robots Humanoides (robots con aspecto humano que realizan tareas de seres humanos, incluso expresando emociones).
- Nanorobots (serán utilizados el futuro para la cura de las enfermedades humanas ya que podrán actuar desde dentro del organismo).
- . Robots empleados en la industria
- . Robots humanoides. Son robots con aspecto humano que realizan tareas de seres humanos, incluso expresando emociones.
- . Robots espaciales

Los androides son robots humanoides, contruidos para parecerse estéticamente a los humanos. Los robots humanoides actualmente son usados como herramienta en investigaciones científicas.

Ejemplos concretos de aplicación de inteligencia artificial

1. Los asistentes de voz

Se trata de máquinas que utilizan el procesamiento de lenguajes naturales para interpretar qué es lo que se les está comunicando y, de este modo, poder responder a nuestros requerimientos, ya sea en forma verbal o mediante la ejecución de una acción concreta.

2. Los Smartphones

Los smartphones son otro buen ejemplo de máquinas que utilizan inteligencia artificial de forma constante. Cuentan con un asistente de voz que responde a las peticiones humanas, aunque la integración de la inteligencia artificial en los smartphones va mucho más allá, y está presente en multitud de acciones que ni siquiera percibimos. Por ejemplo, cuando seleccionamos el modo retrato de la cámara de fotos, es el propio celular el que mejora la foto de manera automática para que salgamos lo más favorecidos posible. Eso también es fruto de la inteligencia artificial.

3. El análisis de hábitos

Otro de los ejemplos de inteligencia artificial que nos acompaña a todas partes es la que se ocupa de analizar los datos que producimos de forma continua y que permiten conocer nuestros hábitos. Gracias a la combinación de tecnología Big Data y de inteligencia artificial, se pueden analizar los hábitos de consumo de cada persona, lo que además ofrece unas ventajas muy interesantes. Se puede así ofrecer contenido personalizado, de uso muy extendido en publicidad vía Internet, pero también es vital a para luchar contra el fraude digital en el sector bancario, el financiero o el de las aseguradoras.

4. Cirugía

Gracias a la inteligencia artificial, las máquinas inteligentes, algunas de enorme precisión y complejidad, colaboran hoy día con los médicos y cirujanos en mejorar los diagnósticos, hacer más rápidas y seguras las intervenciones quirúrgicas y reducir el tiempo de recuperación postoperatorio. Incluso las máquinas han adquirido hoy una cierta autonomía ya que pueden seguir un protocolo predefinido basado en el aprendizaje a través de imágenes médicas.

Argentina no está al margen de estas aplicaciones de la inteligencia artificial. Nuestro país cuenta con tres robots Da Vinci operativos: uno en el Hospital Italiano de Buenos Aires, otro en el Hospital Churrucá-Visca y el tercero en el Hospital Madariaga en la provincia de Misiones. Las intervenciones más habituales son: el tratamiento del cáncer de próstata y de afecciones urológicas, ciertos casos de ginecología, cirugía general, cirugía oral y maxilofacial, cirugía pediátrica, cirugía torácica o cirugía cardíaca.

Un consorcio de investigación de cuatro universidades¹ europeas está enfocado en el desarrollo de un nuevo robot quirúrgico capaz no sólo de ‘ver’ sino de ‘oír’, de tener tacto e incluso olfato. Un robot capaz de unir inteligencia artificial y sensibilidad física, con sentidos superiores a los de los humanos, es indicativo de los avances que se prevén lograr en un futuro cercano.

5. *La Optimización de rutas*

La inteligencia artificial usada para la optimización de rutas a través del GPS u otros elementos, cumple un papel clave en el sector de la logística. Diariamente mediante estas inteligencias artificiales se optimizan los desplazamientos de miles de vehículos a partir de la combinación de un sinnúmero de datos, como los geográficos, los relativos al entorno del móvil que se está desplazando, las condiciones meteorológicas y la información relativa al tráfico. De hecho, gracias a aplicaciones como éstas, se pueden planificar y diseñar las rutas de reparto de una manera más eficiente, optimizando los recursos disponibles, brindando un mejor servicio a los clientes y reduciendo el consumo de combustible con todo lo que ello representa para la sociedad y el medio ambiente.

6. *En el campo doméstico*

La automatización de funciones en nuestro hogar es una evolución de la inteligencia artificial que hoy no está tan difundida como los Smartphone pero que existe y cada vez será más común. Desde entrar por la puerta y que se encienda la luz del palier, que la cafetera nos haga un café todos los días a la misma hora o que las persianas se suban y bajen solas según detecten los rayos de sol es una tendencia que va en aumento y que dentro de unos años será frecuente encontrar en la mayoría de las viviendas.

¹ En este proyecto de investigación internacional llamado FAROS (Functionally Accurate Robotic Surgery) intervienen cuatro universidades: KU Leuven en Bélgica, que está coordinando el proyecto e impulsando el trabajo en la detección no visual; la Universidad de la Sorbona en París, con una importante participación en la robótica a través del laboratorio ISIR (Instituto de Sistemas Inteligentes y Robótica); el King's College de Londres, que lidera el desarrollo de la inteligencia artificial; y el Hospital Universitario Balgrist de Suiza, que trabaja interdisciplinariamente en aspectos relacionados con robótica, informática e investigación clínica.

Las plataformas de streaming musical como Spotify o iTunes, entre las más conocidas, usan inteligencia artificial para recomendar contenidos. Identifican tus preferencias musicales según lo que hayas reproducido hasta el momento, y te ofrecen canciones similares según el estilo o la duración. Otro tanto ocurre en el plano audiovisual con Netflix que hace que tu interfaz te muestre de forma personalizada series y películas que probablemente te gusten, porque has seleccionado antes obras similares.

7. *En hidrología: Pronóstico de caudales para la operación de embalses*

Dado que los modelos de redes neuronales artificiales (RNA) son capaces de reproducir cualquier relación no lineal entre diferentes variables que describan un determinado proceso, durante las dos últimas décadas han sido empleados con éxito en hidrología para modelizar procesos como el de lluvia-escorrentía o el de propagación de ondas de crecida en un río.

En realidad las RNA no son muy diferentes a los modelos estadísticos de series temporales estocásticas de tipo auto regresivo (ARMA) históricamente utilizados para pronóstico, pero son más valiosas por su flexibilidad de implementación y por ende más adecuadas para la predicción dinámica de caudales porque los pesos asociados con los parámetros de las entradas al modelo pueden ser actualizados cuando se dispone de nuevas observaciones. Entre las múltiples ventajas de las RNA pueden citarse: la complejidad del modelo puede ser modificada con sólo cambiar la función de transferencia o la arquitectura de la red, son rápidas de construir y necesitan realizar menos pruebas con los datos de entrada. Tampoco es necesario conocer la distribución estadística de dichos datos y la no estacionariedad de éstos es tenida en cuenta implícitamente por la estructura no lineal de la red. Las RNA tienen la habilidad de determinar qué entradas del modelo son críticas, por lo que no es necesario el conocimiento previo de la relación entre las variables a modelar y finalmente, son relativamente poco sensibles a los datos con ruido.

En Argentina los modelos de RNA han utilizados en el río Uruguay por la CTM para la operación del embalse de Salto Grande logrando un error relativo absoluto del 5.58%. Los análisis de correlación entre valores observados y pronosticados indicaron que los datos de entrada de niveles tienen mucho mayor peso que los datos de lluvias y las evaporaciones, o lo que es equivalente a afirmar que el modelo presentó mayor habilidad para pronosticar cuando no se producen lluvias, lo cual es esperable.

La Facultad de Ingeniería de la UNSJ ha utilizado también modelos de RNA para el pronóstico de caudales en ríos de cordillera, algunos de régimen hidrológico pluvionival como lo son las cuencas del Río Maule, en Chile, y las de los ríos Limay y Neuquén en Argentina, y para cuencas de régimen puramente nival como lo son las cuencas del Río San Juan y la del Río Huasco, en la región de Atacama de Chile, todos ellos con muy buenos resultados.

8. Optimización de las redes eléctricas - Smart Grids

Las redes eléctricas son cada vez más descentralizadas y digitalizadas. Eso hace muy difícil gestionar un número cada vez mayor de participantes manteniendo en simultáneo la estabilidad de la red. Las smart grids, o redes inteligentes, además de electricidad, transportan datos y en el caso tener que operar con energías de fuentes interrumpibles, como son la solar y la eólica, es de suma importancia mantener el equilibrio entre demanda y generación de energía de un modo efectivo. Para poder tener plena garantía de suministro es necesario analizar un enorme flujo de datos que son transmitidos por la red y que el Centro de Control recibe en tiempo real. La inteligencia artificial tiene en esa tarea un rol fundamental que la vuelve insustituible.

Conclusiones sobre el impacto de la inteligencia artificial en la Ingeniería.

Hemos querido mostrar la amplitud de aplicación de la inteligencia artificial y su importancia como tecnología transversal en el desarrollo de una sociedad.

Actualmente ya se incluyen estudios de inteligencia artificial en varias Universidades y varias instituciones dedican esfuerzos para utilizarla en sus actividades.

Los servicios de procesamientos digitales de diversa naturaleza constituyen actualmente un volumen importante de actividad, incluyendo una apreciable cantidad de servicios digitales que se exportan. En el ámbito específico de la Ingeniería, si bien la inteligencia artificial se ha extendido, está todavía esperando para ser desarrollada intensamente en numerosas actividades. La inteligencia artificial puede tener notable aplicación en numerosos sectores de la ingeniería. Hemos citado unos pocos casos a título de ejemplos: logística para el transporte, transporte urbano, desarrollos urbanísticos, planificación de servicios, integración de los diferentes sistemas energéticos (de electricidad, gas, petróleo, almacenamientos de energía) con desarrollo integrado de energías renovables. Es de hacer notar que en el ámbito de comercialización, se han logrado avances notables, como es el caso de los llamados Unicornios generados en Argentina.

La pandemia ha abierto un enorme cúmulo de necesidades y de capacidades desaprovechadas, para las cuales la inteligencia artificial podría ser de gran utilidad para mancomunar las diferencias con propósitos comunes.