

INGENIERÍA ARTIFICIAL

Memorando extendido origen de la [conferencia "INGENIERÍA ARTIFICIAL"](#) celebrada el 27/02/2019 en el Instituto de la Ingeniería de España.

Resumen

Este memorando es el fruto de un esfuerzo personal de investigación y reflexión. En él se exponen utilizando un lenguaje llano una serie de temas, advertencias y opiniones de potencial trascendencia para el colectivo de ingenieros en el futuro próximo. Estas son las ideas-fuerza que se van a desarrollar:

- Si creemos que la singularidad llegará entonces deberíamos convencernos de que el empleo tiende a desaparecer y de que en el camino surgirán muchos avances que también afectarán profundamente a la ingeniería. Ya hay claros indicios de ello y tanto los ingenieros como las empresas de ingeniería deberían prepararse.
- Si la automatización genera una importante masa de perjudicados entonces éstos reaccionarán oponiéndose y atacando a la que creen su causa. Su incapacidad de competir provocará que ese ataque sea sucio, desleal e insidioso. La percepción que la sociedad tiene de la ingeniería podría resentirse severamente por la asociación espuria que vincula a los ingenieros con la pérdida de empleos a través de la automatización.
- Los enemigos del empleo no son ni la tecnología, ni los robots, ni la IA, ni por supuesto los ingenieros. Los únicos enemigos del empleo son la competitividad y la conflictividad laboral. Los ingenieros, los emprendedores o los innovadores no tienen que sentir vergüenza o culpa por hacer bien su trabajo. Resolver los problemas sociales es misión de los políticos, y deben hacerlo garantizando la seguridad jurídica.
- Las buenas expectativas que la ingeniería tiene sobre la 4ª revolución industrial podrían verse parcialmente frustradas. Los graves problemas sociales que acarreará la automatización son de muy difícil solución y puede que los políticos decidan obstaculizarla y ralentizarla para mitigarlos.
- Consentir y dar pábulo a la cultura anti-corporativa y la demonización de las élites tecnológicas culpabilizándolas de la pobreza y la precariedad es una injusticia que puede traer graves consecuencias en el futuro para el conjunto de la sociedad. Estos magnates también son personas que sufren y podrían manifestar comportamientos vengativos y poco éticos cuando ostenten el poder de la IA como respuesta al maltrato inmerecidamente recibido.

Juan Andrés Hurtado Baeza
Ingeniero Naval

Presentación

Es muy probable que el ingenio, el razonamiento lógico, o la imaginación espacial sean de las últimas funciones cognitivas que la inteligencia artificial pueda conquistar. Tal vez por ello los profesionales de las ingenierías clásicas son poco conscientes sobre la trascendencia de los cambios que las actuales técnicas de IA van a ejercer en su forma de trabajar.

Este memorando pretende dar una visión prospectiva del impacto de la IA pre-singularidad en la actividad de la ingeniería durante los próximos 20 años por lo que es de especial interés tanto para los ingenieros como para las empresas del sector así como para los que se dediquen al desarrollo de software en este campo.

Aunque éste podría ser el enésimo artículo sobre un tema recurrente en los últimos años, creo que el impacto de la IA en la ingeniería es un asunto del que se habla muy poco. Voy a tratar el tema desde dos enfoques distintos:

- El impacto directo a través de la evolución de las herramientas de software con la IA, probablemente el enfoque más obvio y fácil de entender.
- El impacto indirecto a través de la sociedad cambiante de la 4ª revolución industrial. Este enfoque es algo espinoso y he decidido moderarme, no porque no sea relevante sino porque no me interesa excederme con la incorrección política. Expresar las ideas sin eufemismos

ayudará en su asimilación y mejor comprensión.

Ingeniería entendida como diseño de sistemas físicos

Hay ingenieros que se dedican al control de calidad, otros a la supervisión de obras, otros a las ventas, otros a los peritajes, otros al mantenimiento, otros a la asesoría. Conviene aclarar que la ingeniería es un concepto relativamente amplio, pero para concretar, cuando hablo de ingeniería me refiero a la actividad de emplear los conocimientos científicos para diseñar máquinas, estructuras, instalaciones y sistemas físicos en general.

Opiniones no deducciones

En el texto se vierten opiniones personales que no representan ni al IIE ni al Comité de Tecnologías de Defensa. No deseo caer en la tentación de utilizar una técnica de manipulación muy habitual en política y mezclar mis opiniones subjetivas con datos, tablas, estadísticas o gráficas extraídas de fuentes supuestamente fiables para reforzar mis argumentos y darles apariencia de rigurosidad analítica, cuando la realidad es que son opiniones personales.

¿Pero qué es una opinión? Una opinión es el resultado de un proceso cognitivo que realiza el cerebro computando en muy poco tiempo todo el historial de experiencias del individuo, incluso aquellas que no parecen muy relacionadas con el tema sobre el que se opina. Es el big-data de tu vida efectuado por un súper-ordenador que es tu cerebro. A veces el proceso es demasiado rápido y lo que consigues son opiniones prejuiciosas. Otras veces son más meditadas, más fiables. Incluso pueden ser opiniones especulativas, para las que sabes que no son necesariamente ciertas sino que tienen una probabilidad subjetiva de ser verosímiles, son hipótesis.

Pero aquí no se trata tanto de que deis por buenas mis opiniones, como de que escuchéis una serie de reflexiones que os inviten a pensar por vosotros mismos y que os sirvan para que forméis vuestras propias opiniones.

La ingeniería es estratégica

No es casualidad que este memorando provenga del Comité de Tecnologías de Defensa. Aunque habitualmente no reparamos en ello, la ingeniería es una actividad estratégica de primer nivel pues es la actividad a través de la cual se crea la tecnología. Y conseguir la supremacía tecnológica, a la postre proporciona la supremacía económica y la supremacía militar. Creo que nadie necesita muchas explicaciones para entender que la IA es una tecnología de doble uso y que su desarrollo no solo va a tener implicaciones sociales e industriales, sino que también afectará directamente a las relaciones de poder entre las naciones. Por tanto, obviamente, este comité no puede ser ajeno a las repercusiones que una tecnología tan potencialmente disruptiva como la IA vaya a tener en la ingeniería.

ENFOQUE DIRECTO: ADVENIMIENTO DE LA INGENIERÍA ARTIFICIAL

La 4ª revolución industrial, el empleo y la automatización

La IA mejorará la calidad y abaratará los productos. Perfecto, todos felices con eso. Sin embargo, cuando se habla de incrementos de productividad, inmediatamente surgen las suspicacias sobre su efecto en el empleo, y eso ya no gusta tanto. Hay opiniones para todos los gustos: desde los catastrofistas que pronostican una hecatombe social por culpa del desempleo, hasta los que dicen que aunque la IA pueda destruir muchos puestos de trabajo, se generarán otros muchos más y mejor pagados.

Me parece que ese desaforado optimismo de algunos responde más bien a un intento de poner paños calientes y aplacar la animosidad contra la IA que a una creencia real. La automatización nunca ha tenido como objetivo crear puestos de trabajo sino reemplazar el trabajo humano por el trabajo de las máquinas. Y aunque a largo plazo siempre ha sido algo muy positivo para el progreso y el bienestar de todos, cuando estos avances llegan se producen distorsiones y desequilibrios temporales que en

ocasiones son traumáticos.

Lo que pasa es que el aumento de productividad, la disponibilidad de capital, recursos y abundante mano de obra, y la propia disponibilidad de esas modernas tecnologías, han propiciado la aparición de nuevas ideas y nuevas oportunidades que finalmente han sido absorbidas por una sociedad siempre ávida de más energía, más infraestructuras, más comida, más agua potable, más ocio... Por eso se suele afirmar que a largo plazo los avances tecnológicos crean más y mejores empleos.

Pero también los hay más pesimistas y opinan que esta revolución tecnológica va a ser distinta a las anteriores postulando que ese periodo posterior de recuperación no se produzca. Yo me inclino a coincidir con este pensamiento pesimista.

¿Es automatizable la ingeniería?

Se habla mucho de cómo la automatización va a afectar a diversos colectivos, pero la percepción general que observo es que lo de la IA no va con los ingenieros. La IA podrá reemplazar a operarios de fábricas, a conductores, a administrativos, a teleoperadores, a mozos de almacén, a camareros, pero difícilmente va a reemplazar a los ingenieros, salvo que se logre la singularidad. Y hay mucha gente que se resiste a creer que las máquinas puedan llegar algún día a poseer creatividad o sensibilidad artística o ingenio. Como en la ingeniería moderna todo acaba pasando por el software tarde o temprano, seguro que si le preguntas a un ingeniero cómo cree que la IA va a afectar a su forma de trabajar en los próximos años, te dirá que probablemente las herramientas de software mejorarán, pero ya está, nada preocupante.

Me da la impresión de que los ingenieros andamos un poco despistados con este tema. Ya veremos cuál puede ser la magnitud de esa mejora. Y que conste que no estoy insinuando que las máquinas vayan a ser capaces de reemplazar a los ingenieros. Simplemente sugiero que la IA aplicada a las herramientas de ingeniería va a suponer un incremento de productividad mayor de lo esperado.

Sin tener en cuenta el posible impacto futuro de la IA, la relación entre la demanda de servicios de ingeniería y su oferta está cayendo desde hace tiempo. La competencia aumenta, los márgenes de las empresas disminuyen y cada vez es más difícil conseguir buenos salarios en la profesión de ingeniero. La globalización junto a la velocidad a la que países emergentes como China o India generan nuevos ingenieros no augura que esta situación vaya a mejorar en el futuro próximo.

El incremento de productividad de las herramientas de ingeniería motivado por la IA precarizará aún más el contexto laboral de los ingenieros. En principio los márgenes de las empresas de ingeniería podrán aumentar salvo para las que se suban tarde al carro de la IA que sufrirán muchas dificultades. De todos modos ese posible incremento de márgenes estará muy condicionado por la evolución de la competencia.

En anteriores ocasiones de la historia, tras la crisis originada por una disrupción tecnológica llegaba una recuperación con oportunidades y trabajo para todos. En esta ocasión no veo claras las oportunidades. Sí habrá muchas nuevas ideas y nuevos negocios, ya es así ahora mismo, pero la tendencia a medio y largo plazo es que todo tipo de actividad se realizará a través de tecnologías de productividad creciente e irá necesitando cada vez menos intervención humana, cualificada o no. Las personas no van a desaparecer ni de las fábricas ni de las oficinas de ingeniería, pero harán falta cada vez menos y con diferente preparación, esa es la tendencia. Se nos tiene que meter en la cabeza que la automatización es para todo y no sólo para tareas de baja cualificación.

La 4ª revolución industrial se va a diferenciar de las anteriores en dos aspectos:

- Las nuevas oportunidades tenderán a necesitar muy poca mano de obra: productos manufacturados en fábricas robotizadas y servicios proporcionados por algoritmos cada vez más inteligentes.
- La reorganización productiva también va a afectar al colectivo de ingenieros y en general a todas las profesiones basadas en capacidades intelectuales. La IA poco a poco irá conquistando las funciones cognitivas que hasta ahora creíamos exclusivas del ser humano.

Las previsiones de mejora del empleo podrían ser algo más verosímiles en aquellos países que tomen una clara ventaja en esta revolución tecnológica frente a sus competidores, siempre a costa de concentrar los problemas en los que lleguen tarde al tren.

La posible contingencia de un notable aumento de la productividad en el software de ingeniería no parece estar prevista en ninguna parte. Me temo que existen una serie de prejuicios que dificultan la previsión de las consecuencias que tendrá la IA para nuestra profesión y voy a intentar desmontarlos.

Probabilidad de automatizar las ingenierías

Creo que la mayoría de estudios serios sobre el impacto de la IA en la economía adolecen del prejuicio de considerar a la ingeniería poco automatizable. De todos los estudios que he analizado he decidido centrarme en el de la Universidad de Oxford "[THE FUTURE OF EMPLOYMENT: HOW SUSCEPTIBLE ARE JOBS TO COMPUTERISATION? \(Septiembre 2013\)](#)". En el se intenta medir la probabilidad que tienen los empleos de EEUU de ser automatizados en los próximos 20 años y para ello evalúa más de 700 profesiones (de las cerca de 900 contempladas por el Departamento de Empleo de los EEUU), entre ellas las ingenierías.

Lo he escogido porque es el único que he visto en el que se ofrezcan resultados desglosados profesión por profesión, y también porque es el principal estudio de referencia en la estrategia de IA de EEUU "[PREPARING FOR THE FUTURE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE \(Octubre 2016\)](#) / [ARTIFICIAL INTELLIGENCE, AUTOMATION, AND THE ECONOMY](#)". El resultado arrojado es que el 47% de los empleos estadounidenses está en peligro.

He de advertir que es considerado pesimista por otros estudios posteriores como el de la OCDE "[The Risk of Automation for Jobs in OECD Countries \(Junio 2016\)](#)" que también se cita en la estrategia de IA de EEUU y en contraposición arroja como resultado que sólo el 9% de los empleos está en peligro. Parece que este segundo estudio de la OCDE nace como oposición al primero. Entre otras cosas critica al estudio de la Universidad de Oxford afirmando que no se deben considerar tareas sueltas sino trabajos ya que éstos son combinaciones de tareas. A mi, sin embargo, el de las tareas sueltas sí me parece un buen enfoque pues no me preocupa tanto saber si una determinada profesión es completamente reemplazable o no por automatismos, sino saber qué proporción del empleo correspondiente a esa profesión se puede automatizar.

La siguiente tabla recoge las probabilidades de automatización, medidas en %, asignadas a las ingenierías superiores según el estudio de la Universidad de Oxford. Las denominaciones no siempre corresponden a una ingeniería identificable en castellano. En el servicio [O*NET](#) pueden consultarse las definiciones exactas proporcionadas por el Departamento de Empleo de los EEUU:

PROFESIÓN	%
Marine Engineers and Naval Architects (ingenieros navales)	1
Mechanical Engineers (ingenieros mecánicos)	1,1
Chemical Engineers (ingenieros químicos)	1,7
Aerospace Engineers (ingenieros aeronáuticos)	1,7
Environmental Engineers (ingenieros medioambientales)	1,8
Civil Engineers (ingenieros de caminos)	1,9
Materials Engineers (ingenieros de materiales)	2,1
Electronics Engineers, Except Computer (ingenieros electrónicos, excepto de ordenadores)	2,5
Industrial Engineers (ingenieros industriales)	2,9
Biomedical Engineers (ingenieros biomédicos)	3,7
Nuclear Engineers (ingenieros nucleares)	7
Electrical Engineers (ingenieros de telecomunicación)	10
Mining and Geological Engineers (ingenieros de minas)	14
Petroleum Engineers (ingenieros del petróleo)	16
Computer Hardware Engineers (ingenieros de hardware de ordenador)	22

PROFESIÓN	%
Agricultural Engineers (ingenieros agrónomos)	49
Engineers, All Other (ingenieros, todos los demás)	1,4

Hay que tener en cuenta que este tipo de estudios está basado de una u otra manera en opiniones, aunque presenten un enfoque reduccionista y una metodología estadística. Los datos son curiosos y es particularmente llamativa la diferencia entre la ingeniería menos susceptible de ser automatizada (1%) y la que más (49%). Más allá de esa diferencia, el hecho de que se asigne una probabilidad de automatización menor del 5% a una ingeniería me parece tremendamente optimista pues considero que las ingenierías podrían llegar a automatizarse más de un 50% en las dos próximas décadas.

Otro trabajo curioso es "[THE FUTURE OF WORK: A GUIDE FOR TRANSATLANTIC POLICYMAKERS \(Enero 2019\)](#)" de la Information Technology and Innovation Foundation y de la Bertelsmann Foundation. En él se pueden comparar diversas métricas socio-económicas para EEUU, Francia, Alemania y España.

Los que necesiten una buena dosis de optimismo en el tema del empleo pueden leer el apartado "Will industrial digitalisation create or destroy jobs?" a partir de la página 47 del documento "[MADE SMARTER. REVIEW 2017](#)" del Profesor Juergen Maier, CEO Siemens UK. Este documento está relacionado con la [estrategia nacional de IA del Reino Unido](#). También pueden leer este otro artículo "[Relax. Robots Won't Cause Us to Run Out of Jobs](#)" de Robert D. Atkinson, presidente de la Information Technology and Innovation Foundation (ITIF), un laboratorio de ideas que, en mi opinión, está claramente orientado a la defensa de los intereses de la industria tecnológica. Este tipo de manifestaciones me parece comprensible teniendo en cuenta la necesidad de contrarrestar la actual proliferación de propaganda anti-tecnológica que predomina en los medios.

Las estrategias nacionales de IA son documentos de coordinación que suelen tener referencias a multitud de otros documentos y en ocasiones están relacionados con las estrategias de industria 4.0. Una relación actualizada de todas las estrategias nacionales de IA se puede encontrar en "[An overview of national AI strategies](#)"

Ingeniería inversa del cerebro

Si quisiéramos crear una IA fuerte lo más fácil sería coger un sistema que ya lo sea y desmontarlo para hacer ingeniería inversa. La neurociencia es esa rama de la ciencia que intenta comprender cómo funciona el cerebro haciendo ingeniería inversa del mismo. Pero esto es muy difícil.

A mediados del 2018 los científicos del campus de investigación Janelia en el Instituto Médico Howard Hughes publican el [mapa de conexiones interneuronales del cerebro de una mosca de la fruta](#). Una mosca es un organismo complejo que camina, vuela y comprende su entorno a través de la visión y otros sentidos. Lo hacen con tanta destreza y eficiencia que ya nos gustaría poder fabricar robots así de eficaces. Pero el cerebro de una mosca no puede decirnos cómo funciona la inteligencia. Por ejemplo, una mosca no es capaz de ingeniar o manejar una herramienta, algo que sí es característico de los seres inteligentes.

El escarabajo estercolero fabrica una herramienta en forma de bola de estiércol para moverla a modo de carretilla. Tal vez muchos no lo consideren una herramienta y piensan que sólo los homínidos y algunos primates son capaces de concebir y manejar herramientas. Es importante tener manos para poder manejar y fabricar herramientas.

Aunque tal vez viendo lo que son capaces de hacer estos cuervos cambien de opinión:

<https://www.youtube.com/watch?v=zUSVslBifWk>

Los prejuicios homocéntricos

Me temo que la inteligencia o el ingenio no son una cuestión de ser o no ser. Es una cuestión de ser más o ser menos. Hay diversos grados de inteligencia en el reino animal. Muchas especies son capaces de resolver problemas, construir herramientas e interactuar con su entorno para lograr sus

objetivos. No somos tan diferentes al anterior escalón evolutivo. Lo que ocurre es que con los homínidos la evolución alcanzó una singularidad biológica. Ese salto les hace capaces de progresar de forma acumulativa generación tras generación sin necesidad de evolucionar genéticamente. Y tal vez, si se llega a comprender cómo el pequeño cerebro de la mosca le permite hacer lo que hace, puede que tirando del hilo se llegue a comprender cómo el escarabajo hace lo que hace, y tirando nuevamente del hilo se comprenda cómo el cuervo hace lo que hace, para finalmente comprender cómo el cerebro humano hace lo que es capaz de hacer.

Atribuir naturaleza mágica a la condición humana es lo que nos conduce a pensar que una máquina nunca podría hacer las mismas cosas que nosotros hacemos. Y éste es un prejuicio erróneo, muchas veces inconsciente, que nos hace subestimar la capacidad de la IA para emular las funciones cognitivas más sofisticadas del cerebro como el ingenio, la creatividad, la imaginación o la sensibilidad artística.

No digo que nadie deba renunciar a sus creencias, pero a lo largo de la historia los prejuicios homocéntricos ya han retrasado el progreso obstaculizando la adopción de ideas o teorías científicas mejores (Copérnico, Galileo, Darwin).

Los algoritmos son cada vez más humanos

Ahora voy a mostraros una pequeña selección de aplicaciones que usan la IA para realizar unas tareas que tienen ciertos componentes artísticos, empáticos, creativos, imaginativos. Hacen lo que pueden, pero por algún sitio hay que empezar. No debemos confiar en que para las máquinas es imposible tener algo parecido a la sensibilidad artística.

- Extracción de estilos pictóricos: [DeepArt.io](https://deepart.io) nos ofrece una IA capaz de entender la forma en la que un pintor trabaja y aplicar el mismo estilo a fotografías y vídeos.
- Extracción de rasgos: Los ingenieros de [NVIDIA](https://nvidia.com) son capaces de generar rostros humanos e imágenes de otros objetos mezclando los rasgos característicos de los mismos extraídos de otras imágenes fuente.
- Escenificación de descripciones: El servicio [WordsEye.com](https://wordseye.com) es capaz de componer una escena tridimensional a partir de la descripción expresada mediante lenguaje natural.
- Otros usos curiosos: [creación de música](#), [amistad virtual](#).

IA en el diseño

Si hay algo que todas las ingenierías comparten es el manejo de geometrías. Las máquinas y sistemas tienen elementos cuya funcionalidad proviene esencialmente de su forma. En alguna fase del proceso de ingeniería hay que diseñar o ensamblar piezas. No es extraño que las herramientas de ingeniería estén basadas en una herramienta de diseño de geometrías a la que se han ido añadiendo funciones de cálculo físico y otras utilidades.

Cuando ingeniamos un sistema utilizamos nuestra inteligencia espacial para simularlo intentando buscar la configuración adecuada que satisfaga nuestras necesidades. Esta es una selección de aplicaciones basadas en IA que empiezan a emular funciones cognitivas relacionadas con la inteligencia espacial:

- Diseño generativo, optimización topológica no paramétrica: Es un proceso que permite optimizar la geometría de un elemento físico en base a requisitos estructurales:
<https://youtu.be/CtYRfMzmWFU>
<https://youtu.be/Y5MNpa7qWbM>
- Diseño generativo, optimización distributiva: Es un proceso que permite generar y evaluar multitud de variaciones de diseño. Aplicado a la arquitectura permite optimizar la distribución de acuerdo a requisitos como: mínimo recorrido entre equipos colaborativos, mínimo consumo energético, máxima sostenibilidad:
<https://youtu.be/ugpuejY3s9Q>
- Reconocimiento de bocetos: El proyecto [Interactive Sketching of Urban Procedural Models](#) nos muestra un interesante ejemplo en el que se explota la bien conocida tecnología de reconocimiento de imagen para facilitar la creación de entidades geométricas en una herramienta de diseño. De forma similar a como se reconocen caras, en esta aplicación se ha

entrenado a una red neuronal para que sea capaz de reconocer un determinado conjunto de bocetos que representan perspectivas de una serie de piezas. Cuando el usuario dibuja sobre la pantalla el boceto la aplicación intenta reconocerlo y, si lo consigue, acude a su base de datos e introduce en el diseño el modelo asociado al boceto reconocido. Aunque para que esta aplicación funcione necesita mucha potencia de cálculo, la tecnología usada admite paralelización por lo que con el hardware adecuado se puede lograr que funcione en tiempo real.

- Interpretación 3D de bocetos: El proyecto [LAI4D](#) ofrece una posibilidad similar a la anterior, pero aquí no está basada en la tecnología del reconocimiento de imagen sino en intentar emular la capacidad cognitiva de interpretar tridimensionalmente el boceto. La principal ventaja es que no está limitada a un conjunto de patrones de entrenamiento sino que puede interpretar cualquier boceto por extraño que sea. Adicionalmente es capaz de reconocer las medidas plasmadas en el dibujo trasladándolas al modelo generado, así como de inferir caras ocultas.

Es un comienzo, son los primeros pasos hacia la imaginación o el ingenio artificial. En no mucho tiempo habrá software que algunos consideren un sucedáneo del ingenio.

Hacia la herramienta de ingeniería artificial

El camino hacia las herramientas de ingeniería artificial ha empezado. El propio concepto de IA es algo subjetivo. Tal vez no baste con definirla como la tecnología capaz de reproducir funciones que antes sólo podían realizar los humanos. Creo que está más relacionada con la percepción de complejidad y proactividad frente a simplicidad y reactividad. Y nos tenemos que creer que es posible. Puede haber falsas creencias sobre la IA. Obviamente, cuanto más sabes de este tema menos prejuicios tienes. Por ello conviene desmontar algunos mitos o prejuicios:

- Prejuicios homocéntricos: Este prejuicio conduce a rechazar la posibilidad de que se puedan llegar a reproducir mecánicamente funciones cognitivas como el ingenio, la creatividad o la propia inteligencia humana. Sin embargo las tendencias parecen indicar que todos los muros acabarán cayendo ante el avance de esta tecnología.
- La tecnología aún es inmadura: No es imprescindible disponer de grandes innovaciones en la IA para conseguir avances muy significativos en el desempeño de las herramientas de ingeniería si las actuales técnicas de IA se explotan convenientemente. El mesianismo y la grandilocuencia de algunos divulgadores puede conducir a pensar otra cosa, pero la realidad es que no es necesario descubrir el santo grial de la IA para obtener un salto cualitativo en la utilidad de estas herramientas.
- Es un paradigma radicalmente distinto: ¿Qué es lo que encuentras cuando examinas algoritmos de redes neuronales, o árboles de decisión, o retro-propagación?, ¿qué hay? Lo que encuentras es código de programación normal: variables, operaciones matemáticas, estructuras de control, consultas a bases de datos. La frontera que separa lo que es IA de lo que no es IA es muy difusa. Integrar la IA en el software convencional de ingeniería es cuestión de adquirir ciertas competencias, tener habilidad y tener visión. Ni siquiera hace falta una nueva metodología. Hay que desmitificar la disrupción de la IA en la ingeniería como fenómeno traumático, simplemente es una evolución. Estoy bastante seguro de que ya se están empleando de manera inadvertida algoritmos que podrían encuadrarse dentro de la IA, pero que no los llamamos IA.
- Imprescindible súper-computación: Y en muchos tipos de aplicaciones de la IA, la súper-computación tampoco es algo imprescindible. Puede llegar a sorprender los miles de millones de operaciones que hasta el más modesto ordenador personal puede realizar si se le pone a trabajar 10 segundos seguidos. Lo cierto es que durante la operativa habitual del ingeniero frente al ordenador, éste solamente trabaja el 5% del tiempo (por decir una cifra). Lo normal es que la herramienta de software solo realice algún proceso muy rápido justo después de una determinada instrucción (aún son herramientas muy reactivas). La mayor parte del tiempo está esperando. En cualquier caso hoy en día la súper-computación no es un obstáculo.
- Sólo con aprendizaje máquina: Percibo que muchos artículos de divulgación y estudios sobre la influencia de la IA ponen excesiva atención sobre las técnicas de IA que requieren gran potencia de computación y abundancia de datos (aprendizaje máquina), aunque poca en otras

técnicas menos exigentes pero que también pueden proporcionar notables mejoras de software convenientemente aplicadas como los sistemas expertos. El aprendizaje máquina podría ser explicado mediante una analogía matemática como un sistema capaz de interpolar y extrapolar resultados para una entrada genérica a partir de un entrenamiento proporcionado por una gran muestra de pares entrada-resultado (regresión).

El ciclo de la ingeniería:

A efectos de las siguientes explicaciones, el ciclo de la ingeniería puede representarse de forma simplificada como el diagrama de flujo:

requisitos → procesamiento de información → diseño resultante

Sé que es un ciclo extremadamente simplificado, pero sirve para identificar con claridad en qué subconjunto de tareas influirá de manera más decisiva la IA: en el procesamiento de información. No se está intentando decir que el trabajo con requisitos sea poco importante en la ingeniería. Los que hayan gestionado proyectos saben lo fundamental que es todo lo relativo a los requisitos. Y seguro que también habrá desarrollos de IA para mejorar esas tareas de gestión de proyectos.

El Objetivo: Interfaz única + convergencia total

Al empezar cualquier proyecto, lo primero que hay que hacer es definir la meta, el objetivo. Si el proyecto es crear la herramienta de ingeniería artificial perfecta entonces la visión que debemos tener en mente es la de un ingeniero que se sienta delante de su ordenador, transfiere a la herramienta la lista de requisitos, presiona el botón de "INGENIAR", y cuando la herramienta ha terminado su trabajo devuelve como resultado uno o más diseños viables y que cumplen los requisitos especificados.

Puede sonar descabellado, pero se trata de una meta, una visión. Es hacia donde queremos ir y los planes que elaboremos estarán encaminados a dar pasos en esa dirección.

La herramienta de ingeniería artificial tendrá una interfaz única y todos los módulos de cálculo convergerán en ella de modo que no será necesario abrir distintas aplicaciones ni que el proyecto sea desarrollado por diferentes departamentos.

Las mejoras van a llegar inicialmente por estos caminos:

- Integración e interoperatividad: Geometría, resistencia estructural, mecánica de fluidos, cálculo de redes, etc. Cualquier módulo o utilidad de cálculo estará integrado en una única interfaz.
- Generación automática de hipótesis complejas y su posterior validación para obtener diseños optimizados a gran velocidad. Creo que inicialmente los mayores saltos de productividad vendrán de la mano de algoritmos heurísticos empleados para la generación automática de hipótesis de diseño.
- Técnicas de análisis masivo de datos y aprendizaje automático para aprovechar el catálogo de diseños ya existentes y extrapolar hipótesis derivadas de los mismos o extraer patrones de buen diseño. Analizar proyectos antiguos, casi como información desestructurada, que no están preparados para este proceso será también un desafío.
- Sistemas expertos basados en reglas directamente implementadas por los ingenieros desarrolladores de la herramienta. Probablemente serán la primera opción hasta que las técnicas de aprendizaje máquina estén suficientemente maduras como aplicarlas a la ingeniería.
- Implementación de funciones cognitivas en las interfaces de usuario que faciliten la comunicación de ideas entre el diseñador y la aplicación. Que cada vez sea menos necesario introducir coordenadas y acotaciones y operaciones de posicionamiento. Poco a poco las herramientas se harán capaces de entender el lenguaje natural, ya sea escrito, oral o gráfico.

Otras mejoras

Otras mejoras que también pueden tener su impacto serían:

- Realidad virtual y realidad aumentada podrían mejorar las interfaces hombre-máquina.

- Interfaz mental: Hay experimentos y desarrollos, sobre todo en el campo médico, de sistemas capaces de interpretar las señales del cerebro y convertirlas en instrucciones. Podrían mejorar las interfaces hombre-máquina de las herramientas de ingeniería.
- Generación automática de documentación: Este tipo de utilidades ya se están usando y mejorarán con el tiempo.
- Mejorar utilización de tecnologías ya disponibles: La infrautilización de tecnologías ya establecidas es un problema conocido. Es el factor humano, la indisciplina, la vagancia mental, la desidia. Puede que no se consigan grandes avances a este respecto mientras siga habiendo intervención humana.
- Gestión de proyectos: En el trabajo de ingeniería hay diversas tareas que podrían encuadrarse dentro de la gestión de proyectos. La IA podría mejorar la eficiencia de estos procesos.

Gestión del cambio: Integrando la IA

Lo primero es asumir que la IA sí va a cambiar de manera profunda el escenario de la ingeniería. Después de asumirlo hay que pensar cómo gestionarlo. Las siguientes recomendaciones son sólo una pequeña guía, no un informe de consultoría de negocio. No todas las empresas de ingeniería están en igualdad de condiciones para afrontar esta nueva revolución:

- Empresas que dependen íntegramente de tecnología de terceros: Son la mayoría y en algún momento tendrán que plantearse buscar un proveedor de software que les proporcione estas nuevas funcionalidades. No esperar a tener el agua al cuello para hacerlo.
- Empresas que desarrollan software pero desconocen la IA: Tendrán que adquirir las competencias necesarias para implementar las técnicas de IA. Si no aspiran a alcanzar individualmente el objetivo de interfaz única + convergencia total deberán buscar socios o por lo menos asegurarse de que sus productos pueden ser fácilmente integrados en otros paquetes de software.
- Empresas que desarrollan software y tienen experiencia con la IA: Hay empresas de ingeniería que tienen departamentos de robótica o visión artificial experimentados en la IA. Pueden aprovechar ese conocimiento y aplicarlo también al desarrollo de software de ingeniería artificial.
- Grandes desarrolladores de software que no tienen IA: Sea como sea, los fabricantes de software de ingeniería no tienen alternativa, si no integran la IA no podrán competir. Aunque podrían fusionarse en otra empresa que sí lo haga.
- Grandes desarrolladores de software que ya integran la IA: Hay grandes fabricantes de software de ingeniería que ya han asumido el cambio y están integrando la IA en sus soluciones. El único consejo es no perder de vista el objetivo, interfaz única + convergencia total.

A medida que los márgenes de beneficio y la confianza en las nuevas técnicas de ingeniería apoyada en IA mejoren, las herramientas irán integrando cada vez más disciplinas lo que a su vez permitirá a las empresas ir diversificando sus ámbitos de actuación.

Compensar la improductividad tirando de márgenes y salarios no es una opción de futuro. Será difícil competir en tiempos de entrega y calidad aunque se bajen los márgenes de beneficio.

Si aceptas que la singularidad llegará, convéncete de que en el camino habrá avances

Para aquellos reticentes a pensar que la IA pueda influir decisivamente en la forma de trabajar de los ingenieros, esta simple reflexión debería ayudarles a entender que tarde o temprano será así, y que el impacto de los cambios se irá acentuando a medida que nos aproximemos a la singularidad.

La nueva mentalidad del ingeniero desarrollador

La única barrera de entrada que veo es la escasez de perfiles que combinen conocimientos sólidos de ingenierías clásicas y sus herramientas de software, y a la vez conocimientos de técnicas y estrategias de programación de IA. Pero es algo que también irá resolviéndose.

Las personas que desarrollan herramientas de ingeniería tienen esquemas mentales muy determinísticos, todo responde a leyes físicas conocidas que ante unas condiciones de contorno devuelven un resultado exacto. En la IA se trabaja de manera más heurística o probabilística, aceptando que muchas hipótesis diferentes pueden ser válidas, unas mejores y otras peores. Es una catarsis, pero los ingenieros podrán superarlo en poco tiempo. Son dos dominios hasta ahora separados, cada uno con sus complejidades, pero que empezarán a fusionarse pronto, en cuanto comprueben los avances que se pueden conseguir.

Si el cerebro lo puede hacer, hay que intentar hacerlo mediante software

Es la nueva directriz a seguir. Desde luego para que esta directriz tenga éxito los desarrolladores deberían tener experiencia en técnicas de IA. El problema es que los desarrolladores se rinden inconscientemente ante ciertas tareas que por su naturaleza parecen estar fuera del alcance de la programación clásica. Ni siquiera se plantean su automatización pues prejuzgan que sólo pueden ser llevadas a cabo por un humano gracias a sus capacidades cognitivas.

¿Qué se va a conseguir?

- Mayor velocidad en la elaboración de proyectos.
- Mejor calidad de los diseños y disponibilidad de alternativas.
- Liberación de las restricciones estéticas y modulares. Los algoritmos no poseen esas limitaciones intrínsecamente, pero pueden implementarse.
- Abaratamiento del proceso de ingeniería.
- Herramientas más proactivas capaces de ejecutar procesos muy complejos a partir de instrucciones muy genéricas.

El reto de la complejidad

Otro aspecto importante a tener en cuenta es el de la complejidad de los sistemas. El concepto de complejidad que manejamos está hecho a la medida de los humanos. Para los algoritmos la complejidad es una cuestión de tiempo y memoria, no existe un límite concreto. Cuando la generación y optimización de hipótesis pase de ser realizada por personas a ser ejecutada por algoritmos, la frontera de la complejidad caerá. Las herramientas de ingeniería apoyadas en IA permitirán la creación y gestión de diseños tan complejos que difícilmente serían concebibles y manejables por humanos.

El peligro de la relajación excesiva

Otro riesgo a considerar es la posibilidad de que se produzcan errores de ingeniería al confiar ciegamente en la bondad de las herramientas capaces de hacerlo todo por sí solas (proactividad). Esa confianza podría conducir a una excesiva relajación en la función de supervisión de los resultados obtenidos. Reglas mal implementadas o incluso no implementadas, casuísticas no contempladas, fallos ocultos, etc.

Lo bueno es que estamos a tiempo, ¿o tal vez no?

He dado por sentado que esta revolución en la ingeniería está empezando y podemos planificar cómo realizar la transición sin precipitaciones. Sin embargo no se puede descartar que otros ya se hayan dado cuenta antes de que la IA sí que puede impactar profundamente a una actividad fundamental para la economía y la defensa como es la ingeniería.

EEUU es una potencia con una alta conciencia de la defensa y la soberanía. Con una gran tradición de ser pioneros e innovadores, donde se toman muy en serio la competitividad y la inteligencia corporativa. Ya son los líderes con diferencia en este campo y hay que recordar que tienen la costumbre de ir varios pasos por delante de los demás en cualquier tema relacionado con la ciencia y la tecnología. Hay otras potencias, tal vez con menos tradición innovadora, pero también con una alta conciencia de defensa y soberanía que no se conforman con ser un satélite.

Dudo mucho que yo sea el primero en caer en la cuenta de los profundos cambios que se avecinan en la ingeniería a causa de la IA. Y me inclino a pensar que en países como EEUU, y seguramente otros, ya se están diseñando estrategias discretamente, sin levantar la liebre, para aprovechar las oportunidades y minimizar los inconvenientes que emergerán en el futuro próximo en el sector. No descarto que se estén experimentando en secreto ya estas tecnologías en proyectos de ingeniería para la industria de defensa pues la supremacía (o la no subordinación) militar es prioritaria para esas potencias, y no es de esperar que revelen documentación esclarecedora al respecto.

No hay que olvidar que la industria militar suele concebir y ser banco de pruebas de muchas de las tecnologías que después se emplean en el mundo civil. Internet, el GPS, la IA o los chips no son una excepción. No creo que a nadie le extrañe la afirmación de que el reconocimiento de imágenes, reconocimiento del habla, identificación de patrones acústicos y firmas electromagnéticas son aplicaciones que nacieron de una necesidad militar. En la [estrategia de EEUU para la IA](#) mencionan varias veces “inversiones en I+D no clasificada” dando a entender que seguramente hay, como es de esperar, I+D en IA de carácter clasificado. En la [estrategia China](#) son claros a este respecto, es uno de sus principios básicos.

Ser los primeros es una ventaja competitiva y concentra el empleo

Si el incremento de la productividad es inevitable, lo lógico es esperar problemas de empleabilidad y un incremento de las tensiones competitivas en el sector de la ingeniería. Ante ese escenario sólo hay un remedio paliativo que es anticiparse. Ser los primeros en adoptar una tecnología de productividad y automatización no provocará problemas de empleabilidad sino todo lo contrario. La puesta en explotación de esa tecnología aumentará la ventaja competitiva de aquellos que la poseen en exclusiva permitiéndoles concentrar la demanda y las oportunidades a costa de que los problemas se ceban con los rezagados. No tengo nada en contra de EEUU, pero yo vivo en España, en Europa, y si esperamos a ver lo que pasa en vez de tomar la iniciativa creo que nos va a ir muy mal porque desde luego ellos no van a tolerar una crisis en un sector clave si disponen de las herramientas para evitarlo.

ENFOQUE INDIRECTO: LA INGENIERÍA EN LA SOCIEDAD DEL FUTURO

El desafío del desempleo

La ética y el empleo son las grandes preocupaciones mencionadas por las estrategias nacionales de IA. El del empleo es el más objetivo, más inminente y, con bastante seguridad, más prioritario. Se especula con que la automatización puede provocar la relocalización de empresas que se fueron a regiones de mano de obra barata, siempre y cuando el aumento de productividad compense los costes. En cualquier caso, no crearán mucho empleo cuando vuelvan.

A continuación se enumeran y comentan algunas medidas que podrían activarse o potenciarse para contrarrestar los efectos sociales negativos sobrevenidos por la automatización, que no necesariamente pasan por crear empleo real y pueden ser antieconómicas:

Incentivar formación STEM:

Reeducación y actualización para que más personas puedan participar de manera activa en la producción. Las personas que se actualicen serán competencia, las que no se convertirán en una carga. Hay interesantes iniciativas para fomentar los estudios STEM y es la principal baza expresada por las estrategias nacionales de IA. Ya veremos cuánta gente realizará el gran esfuerzo de aprender STEM.

Potenciar consumo:

¿Podrá la demanda de bienes y servicios compensar el incremento de productividad para mantener la tasa de empleo? ¿Es medioambientalmente sostenible el consumismo? Haber tenido que recurrir al consumismo y a la obsolescencia programada es un claro síntoma de que la capacidad de aumentar la demanda de manera natural y espontánea se había agotado con las dos primeras revoluciones industriales. Consumir más de lo que necesitamos es un defecto de nuestra sociedad denunciado

durante mucho tiempo. Se podría argumentar que el incremento de productividad redundaría en un mayor bienestar al reducir el coste de los productos, y ello a su vez aumentaría la demanda. Pero aumentar más la producción podría ser medioambientalmente insostenible y además, debido a la naturaleza de las nuevas tecnologías, ese incremento de la demanda podría no traducirse en un aumento de la necesidad de mano de obra, o al menos no en la misma proporción. Si se consigue una industrialización efectiva del reciclaje se podría intentar revitalizar el consumismo y la obsolescencia programada sin poner en peligro la sostenibilidad medioambiental.

Alternativamente se podría recurrir a potenciar el consumo de servicios efímeros con escaso coste medioambiental, normalmente formas de entretenimiento realizado por actores y otros tipos de profesionales (vídeos, música, espectáculos, juegos en línea). Pero si son una actividad económica también acabarán automatizándose.

Reducción jornada laboral / jubilación anticipada:

Fórmula básica de repartir el empleo. Sin embargo el sistema está tan trastocado y parcheado que los jóvenes tienen muy difícil encontrar empleo al tiempo que se exige a los veteranos que se jubilen más tarde.

Empleo artificial:

Es el empleo no reemplazado por robots u otros automatismos intencionadamente: mozos en un almacén logístico que podrían ser reemplazados por una cinta transportadora, operarios en cadenas de montaje que podrían ser reemplazados por robots, administrativos que revuelven datos y papeles según una burocracia inútil o muy ineficiente. Otra forma de empleo artificial consiste en el fomento de los negocios “tradicionales” por el mero hecho de serlo. La propaganda ha conseguido crear en el ideario popular connotaciones positivas para el concepto “tradicional”, pero lo cierto es que aplicado a las actividades productivas equivale a la ineficiencia, el arcaicismo y la inseguridad en el trabajo. El empleo artificial es la opción menos exigente para los desempleados. La reeducación para adquirir las competencias necesarias para contribuir a la producción (STEM) es mucho más exigente. Los campeones del empleo artificial son las administraciones públicas.

Cobertura social:

Dentro de lo malo considero factible que la magnitud de las crisis sociales se pueda suavizar mediante una estrategia de subvenciones, ayudas, subsidios, prestaciones varias, renta básica universal, etc. De las estrategias nacionales de IA que he podido analizar, la de EEUU es la más sincera a este respecto. Al igual que en las demás, aquí también inciden en potenciar la formación STEM como medida preferente, sin embargo ésta reconoce abiertamente la posibilidad de que esa medida fracase y recomienda que se preparen estrategias para modificar el sistema impositivo y para reforzar diversas políticas de cobertura social con la intención de ayudar a aquellos que no consigan reintegrarse. Al igual que ocurre con las repercusiones de la IA en el empleo, en el tema de las ayudas sociales y su utilidad también hay opiniones para todos los gustos.

Obstaculizar la automatización:

El progreso técnico es imparable, pero sí puede ralentizarse para rebajar la intensidad de sus efectos sociales perjudiciales. Algunas tácticas que podrían aplicarse:

- Sabotaje administrativo para dificultar la concesión de permisos a determinados proyectos alegando motivos espurios.
- Persecución selectiva mediante inspecciones frecuentes y exhaustivas. Tenemos un ejemplo reciente que no tiene que ver con la IA ni con la ingeniería pero que es tremendamente ilustrativo: [Ya no hay barcos de ONG para rescatar migrantes en el Mediterráneo.](#)
- Denegación de ayudas e inversiones porque el proyecto no genera empleo.
- Crear impuestos específicos contra las tecnologías de automatización. [Corea del sur considera modificar leyes impositivas para rebajar la velocidad de la automatización | E&T Magazine.](#)
- Manipulación propagandística a través de los medios buscando la demonización de las tecnologías de automatización y promoviendo el boicot de las empresas que las implanten. Las campañas de boicot son una estrategia que ya se ha empleado contra diversos objetivos: uso de aceite de palma, empresas textiles con proveedores en países subdesarrollados, producción de alimentos en granjas donde se cosifica a los animales, etc.

Estos extremos son algo lamentable, pero que no se pueden descartar y, en apariencia, podrían estar ya en marcha. Las mencionadas tácticas de obstaculización podrían acarrear la pérdida de muchas oportunidades para el sector de la ingeniería en la 4ª revolución industrial, así como el deterioro de la percepción social de los ingenieros.

Solidaridad parásita:

En vez de resolver los problemas de los necesitados a través de los servicios sociales, se recurre a permitirles convertirse en parásitos de otras personas. Consentir la ocupación ilegal de viviendas, la economía sumergida con competencia desleal, la morosidad profesional o incluso ciertos tipos de actividad delictiva son algunos ejemplos de este fenómeno. Y aunque no es nuevo, la reciente crisis económica ha provocado que dé un paso más allá apareciendo políticos que practican la apología de la solidaridad parásita defendiendo públicamente que a los colectivos desfavorecidos hay que permitirles ejercer esas acciones parasitarias para “ayudarles” en pro de la “justicia social”. Las ventajas políticas son evidentes:

- No se incrementa el presupuesto de servicios sociales.
- Se proyecta una falsa imagen de bondad y solidaridad.
- Se logra notoriedad mediática realizando manifestaciones contra natura, pero que pocos se atreven a contestar por temor a la corrección política.
- Se consiguen réditos electorales de los desfavorecidos y de otros ciudadanos que confunden parasitismo con solidaridad.

Para empeorar aún más las cosas, estas tácticas suelen ir acompañadas de insidias que demonizan y deshumanizan a las víctimas parasitadas acusándolas de egoístas, avariciosas e insolidarias.

Oclocracia, populismo y chivos expiatorios:

Seguro que no soy el único que ha observado cómo nuestra sociedad está en una situación de conflicto permanente y de intensidad creciente. Todo el mundo cree que tiene que manifestarse y protestar a todas horas por todos los motivos haciendo el mayor ruido posible. Los propios políticos recurren continuamente a llamamientos a la movilización para tomar las calles y demostrar así su influencia. Parece haber calado el convencimiento de que la presión popular tumultuosa es la única manera de alcanzar cualquier reivindicación, incluso las legítimas.

En teoría vivimos en una democracia, en un estado de derecho, pero que cada vez se parece más a una oclocracia. Oclocracia significa el gobierno de la muchedumbre, de la masa ruidosa. Un contexto social propicio para el crecimiento del populismo, que es a su vez un perfecto catalizador para la búsqueda de chivos expiatorios a los que poder señalar como culpables en periodos de crisis. Cuando eso sucede ni siquiera se intentan resolver los problemas. Simplemente se busca una bestia a la que echar la culpa y se la persigue desviando la atención del origen real de los problemas: un sistema que no funciona. El gobierno deja que las masas se desahoguen poniéndose de su parte y socavando la seguridad jurídica para satisfacer sus reivindicaciones castigando a las minorías señaladas como culpables. En una oclocracia el soliviantamiento popular es en sí mismo una justificación para saltarse las reglas y linchar a los señalados.

Como suele ocurrir, los colectivos perjudicados por la automatización no recibirán suficiente cobertura social para conservar su estatus llegando incluso a pasar serias penurias. Dirigirán su ira hacia aquello que consideran la causa de su sufrimiento y lo harán haciendo mucho ruido potenciado por el sensacionalismo y la manipulación mediáticos. Los políticos consentirán sus actuaciones y hasta darán pábulo públicamente a sus reivindicaciones para apaciguar a la jauría. El hecho de tener que romper la seguridad jurídica para acallar el ruido no será un obstáculo. Pondrán un parche y solucionarán los problemas de los que hacen ruido convirtiéndolos en los problemas de los que no hacen ruido.

Estas insidiosas “medidas” cuyo objetivo cortoplacista sería acallar el clamor social podrían ser tremendamente dañinas para el colectivo de ingenieros en el futuro próximo si se le vincula con el origen del desempleo ante el auge de la automatización y la IA. Téngase en cuenta que esta hipótesis no es en absoluto descabellada pues desde hace algunos años se ha incluido a las “Tecnológicas” en el bestiario popular del que ya formaban parte la globalización, los ricos, los inmigrantes, Wall Street y otras muchas. Hostigar y difamar a las élites tecnológicas señalándolas como causantes de la precariedad y el empobrecimiento de los trabajadores parece haberse convertido en un deporte común. Deberíamos analizar este fenómeno con detenimiento y prepararnos.

La competencia entre territorios mantiene a raya la economía artificial

Casi todas estas medidas son una carga para la economía real. Sin embargo no todos los países tienen los mismos problemas ni las mismas necesidades. La competencia entre territorios obligará a contener esas políticas de protección social y prácticas antieconómicas pues lo contrario provocaría la huida de empresas, inversiones y talento hacia donde mejor trato reciben y menos cargas tienen que soportar. No todos los países pueden encapsularse como una autarquía para resolver sus problemas con olocracia, proteccionismo y subiendo impuestos ilimitadamente.

Esta noticia es buena o mala según se mire. Buena porque la degeneración del sistema se limita. Mala porque los problemas sociales se agudizan y ello podría menoscabar indirectamente la percepción pública de la ingeniería.

Y en el sector defensa ¿es más importante la tecnología que el empleo?

El sector de la defensa también es una fuente importante de empleo. Y por supuesto la IA y la automatización generalizada también le afectarán. Pero por su naturaleza eminentemente estratégica parecería inapropiado aplicar las mencionadas medidas para crear empleo artificial y obstaculizar la automatización ralentizando sus consecuencias laborales. Tan sólo es una pregunta que dejo en el aire.

A medida que aumente la productividad aumentarán los impuestos

Debemos ir olvidándonos de que algún día bajen los impuestos. A medida que vaya aumentando la productividad irán aumentando los impuestos para sufragar las políticas sociales de subsidios, empleos artificiales y pensiones. La economía real tendrá que mantener a la economía artificial. Ya sabemos que se habla mucho de poner impuestos a los robots, pero los ejemplos los tenemos aquí ya: el [impuesto digital](#) y leyes contra la [ingeniería fiscal agresiva](#).

Muchos países incapaces de sufragar todas sus políticas sociales funcionan con déficit sistémico desde hace tiempo. Sólo los más aventajados parecen capaces aún de funcionar con superávit.

Si aceptas que la singularidad llegará, convéncete de que el empleo tiende a 0

La gráfica empleo-tiempo tiene una asíntota en $Y = 0$. Reflexión simplificada para los que todavía tienen dudas sobre si habrá más o menos empleo con la generalización de la IA. Sirva de ejemplo este reportaje del Wall Street Journal sobre la robotización ([La Revolución Robot: La automatización se pone de moda - 2018](#)) en el que se muestra cómo la automatización inteligente va a ser capaz de realizar incluso las complejas tareas de destreza manual requeridas por la industria textil, y sus preocupantes consecuencias laborales en ciertos países (se pueden configurar los subtítulos en español).

Los enemigos del empleo son la competencia y la conflictividad laboral

Los grandes enemigos del empleo no son la IA, ni los robots, ni la tecnología, ni los ingenieros. Los únicos enemigos son la competencia que obliga a las empresas a la optimización continua de costes para sobrevivir en el mercado, y la conflictividad laboral que empuja al empresario a deshacerse de sus empleados como sea independientemente de factores económicos.

Por suerte o desgracia no vivimos en una sociedad colmena

En nuestra civilización los logros personales no pueden ser atribuidos únicamente al individuo. Todos los ciudadanos que con su trabajo honrado han contribuido a construir la sociedad han puesto su granito de arena para que esos logros individuales lleguen a ser posibles. Por ese mismo motivo todos los miembros de la sociedad deberían poder disfrutar de los frutos de esos logros y no quedar excluidos por culpa del progreso.

Esta premisa, que tiene su lógica, sería ley en una sociedad colmena donde todos los individuos

tienen un cometido, todos trabajan para la colmena y los logros individuales son entendidos como logros de todos. Pero no se nos ha educado en la solidaridad orgánica de una colmena y, probablemente, nuestra naturaleza animal no sea compatible con una sociedad colmena. Se nos educa para competir y para ser los mejores en un sistema teóricamente meritocrático donde la solidaridad se articula a través de servicios públicos financiados con impuestos.

Los perdedores de la automatización iniciarán una guerra sucia

Los desplazados por las nuevas tecnologías no aceptarán sin más perder su estatus irremediablemente y se organizarán para contraatacar. Difamarán a los ganadores argumentando que hacen trampas, que son unos privilegiados, que aprovechan alguna clase de oscura ventaja, que son insolidarios, que se confabulan con el poder para robar a los pobres y los desacreditarán sacando a relucir cualquier error cometido en el pasado. Y desde luego en ningún caso reconocerán que sus problemas son fruto de su propio fracaso personal.

Manifestaciones, protestas, campañas de boicot, calumnias, presión en las calles, sabotajes, acoso e incluso agresiones. No pueden competir de manera legítima pero el contexto de la olocracia les da herramientas, difícilmente compatibles con un estado de derecho, pero que funcionan. La inacción del gobierno, o incluso su apoyo explícito a la muchedumbre provocará sensación de soledad, indefensión y traición en los señalados por la masa como responsables de las penurias del pueblo. No es ciencia ficción, es una guerra que ya ha empezado.

Un ejemplo de esta guerra lo encontramos en la economía de los encargos (gig economy). Las nuevas tecnologías de automatización de servicios hiperconectados está dando lugar a empleos muy precarios. Surgen ideas de negocio con capacidad de generar algo de empleo, aunque las tareas a desempeñar sólo requieren explotar capacidades cognitivas todavía difíciles de reemplazar eficazmente con tecnología, pero que todos poseemos (montar en bicicleta, conducir un coche) por lo que no se pueden esperar buenos salarios. Y aun así son oportunidades pasajeras porque también se automatizarán. Es la llamada "uberización de la economía" en referencia a la exitosa empresa UBER mediante la cual se asocia a este tipo de empresas tecnológicas con la precarización y empobrecimiento del trabajo.

Como anécdota ilustrativa analicemos la siguiente noticia: [La Inspección de Trabajo reclama a Deliveroo 1,3 millones de euros por sus falsos autónomos en Barcelona](#)

Unos ingenieros desarrollan un servicio de paquetería urbana tan optimizado que lo único que necesitan son ciclistas o motoristas (mensajeros) para transportar los paquetes a través de la ciudad. Toda la gestión está automatizada. Configuran su negocio como una empresa de intermediación que conecta a clientes con proveedores (mensajeros) siendo la relación con ellos puramente comercial, no laboral. La cualificación y experiencia necesarias para ser mensajero es mínima por lo que la relación oferta/demanda tira los precios a la baja y las exigencias contractuales aumentan. Algunos mensajeros, frustrados por su penosa situación económica y laboral, denuncian a la empresa acusándola de "imponer" condiciones de semiesclavitud y reivindican que se les reconozca como empleados y no como proveedores independientes (autónomos). Finalmente el juez condena a la empresa a aceptar las reivindicaciones que exigen los demandantes obligándola a abonar cuotas pendientes de la Seguridad Social, vacaciones, permisos, etc, dinamitando su modelo de negocio. Además la sentencia sirve indirectamente para reconocer que el empresario es un despiadado explotador que se aprovecha de la necesidad de los trabajadores para enriquecerse.

Lo curioso del caso es que los mensajeros, adultos libres y responsables, aceptaron voluntariamente las condiciones de contratación. Esas condiciones, más allá de valoraciones subjetivas, suponían la mejor oportunidad para los demandantes, y ésta es una verdad objetiva pues de entre el abanico de opciones que tenían a su disposición eligieron voluntariamente ésta y no otra, obviamente porque a su juicio era la mejor. Es decir, se castiga a la empresa por haber cometido el crimen de ofrecerle la mejor oportunidad que objetivamente tiene. Sin embargo el juez también podría haber optado por:

- Condenar a los servicios sociales a darle una ayuda y a pagar una multa por permitir que una persona se encuentre en una situación de necesidad tal que se vea obligado a aceptar trabajos en condiciones "inaceptables".
- Condenar a todos los que no le han dado ninguna oportunidad a pagarle una ayuda pues por lógica son aún peores que el demandado.

- Se podría condenar a los demandantes a que se inscriban en una lista para que no se les permita aceptar un empleo en condiciones que ellos mismos han calificado de inaceptables (algo parecido a la lista en la que los ludópatas se pueden apuntar para que no les permitan entrar en los casinos).
- Y por supuesto se podría haber desestimado la demanda por canallesca.

La sentencia no es aún firme y no hay porqué dudar de que esté legalmente argumentada. Aunque no deja de ser un ejemplo sangrante de cómo el sistema se confabula injustamente contra las empresas tecnológicas retorciendo la seguridad jurídica para favorecer a personas con escasas oportunidades de subsistir en la economía moderna donde cada vez es más difícil conseguir buenos trabajos, sobre todo si el trabajador tiene baja cualificación. Esto está ocurriendo en otras muchas ciudades de varios países y para muchas otras empresas del sector. Se podrían poner más ejemplos pero no es necesario. Es la guerra sucia que va a quitar el sueño a los emprendedores, más incluso que la competencia.

El éxito de una tecnología no hace culpables a sus creadores

Si es verdad que la automatización va a crear graves problemas sociales entonces los ingenieros deberíamos preocuparnos por cómo puede cambiar la percepción que la sociedad tiene de nosotros. No estoy diciendo que el que no pueda trabajar tenga que morir de hambre. No estoy diciendo que el desempleado tenga que verse condenado a la marginación y a la miseria. Pero sí estoy diciendo que los ingenieros, los emprendedores, los innovadores tienen derecho a que se respete su esfuerzo y su sacrificio, esfuerzo que por cierto, se les ha exigido desde niños. Sí estoy diciendo que tienen derecho a que se proteja su imagen y su honor, y a que se proteja la riqueza que han creado. Sí estoy diciendo que tienen derecho a disfrutar de esa riqueza y a que se reconozca su mérito en vez de que sean insultados, difamados y acosados por una horda ruidosa de perdedores frustrados cuyos problemas no han sido adecuadamente atendidos por los servicios sociales del estado quienes tienen el cometido de hacerlo. Tienen derecho a la seguridad jurídica y a que el gobierno no les pase por encima para satisfacer y apaciguar a la jauría. No hay derecho a que se les humille y se les traicione. Si su éxito ha sido honrado no tienen que avergonzarse de nada. Su misión es hacer bien su trabajo creando sistemas útiles y eficientes. Y la prueba irrefutable de que han hecho bien su trabajo es su éxito, el premio que los consumidores les han dado.

Hay que recuperar la capacidad de responder a la estupidez

Para ilustrar esta reflexión os invito a visualizar una entrevista de apenas 1 minuto de duración que transcurre en este reportaje del Wall Street Journal sobre la robotización (La Revolución Robot: La nueva era de la fabricación – 2018). En la entrevista preguntan al CEO de una empresa acerca del proceso de robotización de la misma. No es posible incluir los subtítulos en el vídeo por lo que adjunto a continuación la transcripción. El enlace comienza directamente en el minuto 5:25:

[The Robot Revolution: The New Age of Manufacturing \(Wall Street Journal\)](#)

Transcripción:

- Allí esta RAPOO, el fabricante de teclados y ratones más grande de China. Le preguntamos al CEO ¿por qué están apostando por la robótica?
- Porque en China ha habido un incremento muy grande de salarios, empezando en 2008 hemos sentido algo de presión por el lado laboral por lo que decidimos cambiar muchos sistemas de fabricación por robots.
- El salario medio en China se ha doblado desde 2008. El CEO de RAPOO dice que en los últimos 3 años han usado robots para reducir su fuerza laboral de 2500 a 1000 empleados, y más automatización está en camino.
- Así que vais a traer más robots.
- Sí, incluso en logística usamos robots.
- Pareces muy feliz con esto.
- Sí, sí porque eso hará a mi empresa más competitiva en el campo.
- Entonces tú no estás preocupado cuando despedes a esos 700 trabajadores.
- No, ellos pueden encontrar trabajo fácilmente, no hay problema.

Supongo que os habréis percatado del tono de reproche y superioridad moral del entrevistador, como si hubiera pillado a un niño haciendo una travesura, y de la reacción del avergonzado CEO intentando escapar con cinismo como si le hubieran descubierto en un renuncio.

Es sólo un ejemplo de muchos. Los ingenieros y los empresarios debemos prepararnos para situaciones como estas pues se convertirán en más frecuentes a medida que progrese la automatización y con ella los problemas sociales. Tenemos que recuperar la capacidad de responder a la estupidez y a hacerlo de manera colectiva para que no nos invada el miedo y la sensación de soledad.

No es misión de las empresas preocuparse por los desempleados, ni siquiera crear empleo. El objetivo de las empresas es crear productos y servicios de mayor calidad y mejor precio para satisfacer a unos consumidores cada vez más exigentes en un entorno cada vez más competitivo. Su obligación es maximizar los beneficios y ser máquinas de producción eficientes y rentables. Y los ingenieros tampoco tienen como misión preocuparse por el empleo, sino por realizar diseños optimizados que cumplan su función de la manera más eficaz y económica posible consumiendo la mínima cantidad imprescindible de energía, materiales y mano de obra.

Alternativamente se podría contestar sarcásticamente que: sí estamos preocupados por la gente que pierde su trabajo porque los políticos y los servicios sociales, que son los que tienen que encargarse de resolver este tipo de problemas, se dedican a manipular a la población bombardeándola con una propaganda falaz e insidiosa para hacer creer a la gente que no son ellos sino las empresas las que tienen que crear empleo y preocuparse de conservarlo.

Si la misión de los ingenieros fuera crear empleo deberían cambiar mucho las carreras de ingeniería. Nada de electrónica ni automatización, nada de mecanismos ni de sensores ni de reguladores, y ¿para qué tantas matemáticas? Convirtámonos todos en menonitas y renunciemos a la tecnología. Lo que tienen que hacer los políticos es asegurarse de generar el entorno adecuado de seguridad jurídica y eficiencia administrativa para que las empresas puedan instalarse y crecer creando así mucho empleo, y de que los servicios sociales funcionen bien para atender las necesidades que inevitablemente van surgiendo con el progreso tecnológico y que se conocen perfectamente desde hace casi dos siglos.

La principal herramienta que usan es la culpa. Te acusan de ser el responsable de todos sus males y como estás solo ante la jauría y nadie te apoya, acabas agachando la cabeza y llegando a sentir culpa e incluso vergüenza. Su propaganda y su retórica son capaces de acomplejar e infundir vergüenza en los señalados como culpables. No debemos asumir su discurso pues su único objetivo es desviar la atención del origen real de los problemas: la incapacidad política de hacer que el sistema funcione bien para todos.

Los ingenieros tenemos que fabricar robots versátiles y eficientes. Los empresarios tienen que minimizar costes y maximizar ingresos. O acaso tenemos que hacer robots discapacitados y algoritmos subnormales para que no le quiten el empleo a la gente.

Y si nos acusan de insolidarios, la respuesta también está clara: somos solidarios cuando pagamos impuestos para financiar los servicios sociales, no cuando desnaturalizamos a las empresas y a la ingeniería para intentar crear empleo artificial generando la falsa ilusión de que esos trabajadores innecesarios están contribuyendo.

Los problemas sociales deben resolverlos los políticos

Las personas que necesitan asistencia social suelen encontrarse con una maraña burocrática que parece expresamente diseñada para que acceder a las correspondientes ayudas sea extraordinariamente difícil. Los políticos resolverán estos problemas con muchísimo cinismo y muchísima hipocresía. ¿Podemos esperar que elaboren un marco legislativo estable que resuelva los problemas de una vez y proporcione seguridad jurídica? Yo creo que lo que podemos esperar son más impuestos selectivos, más economía parásita, más sabotaje institucional y mucha oclocracia. Lo que para unos es redistribución de la riqueza y justicia social para otros es saqueo y traición. Y los ingenieros no somos inmunes a la posibilidad de encontrarnos en una situación de necesidad, más aún si tenemos en cuenta cómo apuntan las tendencias de empleo. Denunciar la ineficacia de los

servicios sociales y la manipulación también es cosa nuestra por la cuenta que nos trae.

Conciliar solidaridad y meritocracia

Los políticos quieren que las empresas sean innovadoras, que utilicen las nuevas tecnologías, que inviertan en automatización, que apliquen la IA, que se internacionalicen y que sean muy competitivas. Pero a la vez desean que creen mucho empleo, que esté mejor pagado, que resuelvan las desigualdades, que sean muy inclusivas, que sean socialmente responsables y que paguen infinitos impuestos.

Una contradicción permanente, un quiero y no puedo que nos empuja inexorablemente al conflicto. Reconozco que el encaje de una solidaridad eficaz en la meritocracia es un desafío tremendamente complejo y su éxito estará muy condicionado por la cultura y los idearios de la población. Pero también hay que recordar que la solidaridad no sólo consiste en poner el cazo para ver qué te dan, solidaridad también es arrimar el hombro y hacer el esfuerzo necesario para participar en la producción, aunque ese esfuerzo sea grande.

Ingeniería → automatización → desempleo

Esta concatenación causal es todo lo que necesita un charlatán populista para demonizar al colectivo de ingenieros y meterlo en el saco de las bestias culpables de los males del mundo donde ya han metido al capitalismo, a la casta, a los bancos y a las tecnológicas.

No me consta que haya ocurrido ya, pero debemos estar alerta pues el colectivo de ingenieros es minoritario, no tiende a hacer ruido reivindicativo, sale mejor parado en el reparto de riqueza y se le puede conectar con una causa plausible de los problemas. Es un claro candidato.

Demonizar a la élite tecnológica puede costarnos su ética

Los efectos psicológicos de las graves ofensas promovidas por la cultura anti-corporativa en los líderes empresariales del sector tecnológico podrían dar al traste con los esfuerzos de desarrollar la IA de manera ética y en beneficio de todos. Acusar a estos magnates de ser los responsables de la precarización y el empobrecimiento de los trabajadores es injusto. Si además los gobiernos dan pábulo a estas acusaciones sería incluso una traición. Y las tendencias apuntan en esa dirección. Todas las empresas con una mínima política de imagen corporativa se apuntarán a cualquier iniciativa pública sobre ética en la IA que suene a responsabilidad social. Pero eso no quiere decir que realmente piensen de esa manera.

Por si no queda clara la importancia de la ética en relación a la IA y la ingeniería hay que recalcar que el mayor compromiso ético de esos magnates tecnológicos será necesario cuando se alcance la singularidad obviamente. Pero ¿qué es la singularidad? Es una tecnología capaz de crear tecnología, es decir, un ingeniero artificial. Por ello es crucial para la sociedad no conformarse con el sueño de que aquellos que dominen la IA vayan a tener un comportamiento ético. No todo el mundo sabe poner la otra mejilla. La ética debe ser una responsabilidad de todos.

Pero los políticos también son personas

Es cierto que la olocracia y la solidaridad parásita son censurables. Pero si criticamos a los políticos por ser electoralistas o populistas ellos podrían contestar que trabajan para un sistema que les viene dado, la democracia. En ese sistema les ponen un examen cada X tiempo y como los que les examinan tienen los criterios que tienen ellos hacen lo que hacen para sacar la mejor nota posible (maximizar votos).

Y es que hay que comprender las circunstancias de todo el mundo: Las empresas que tienen que competir, los ingenieros que tienen que automatizar, los excluidos que necesitan desesperadamente una solución, y los políticos que tienen que ganar elecciones. El advenimiento de la IA nos va a poner a prueba a todos y los ingenieros estamos en el meollo de esta revolución.

El círculo vicioso de la vileza

Las empresas se dan cuenta de que hagan lo que hagan las culpabilizarán de los problemas sociales y las acusarán de enriquecerse a costa del sufrimiento de los desfavorecidos. Por tanto no merece la pena hacer el sacrificio de ser escrupulosamente honestos.

Los políticos se dan cuenta de que hagan lo que hagan no van a resolver ningún problema real y acabarán echándolos igualmente. Por tanto se convierten en veletas populistas haciendo y diciendo en cada momento lo que sea necesario para agarrarse al poder el mayor tiempo posible independientemente de las consecuencias.

El comportamiento deshonesto y socialmente indolente de las empresas combinado con nefastas políticas demagógicas y de parches cortoplacistas sólo sirven para deteriorar aún más la situación lo que conduce a una radicalización de las posiciones, a una disminución de la cohesión social y a un mayor nivel de crispación e inestabilidad.

Los ataques y críticas a las empresas y mandatarios políticos se recrudecen realimentando el ciclo.

Escenarios

En cualquier prospectiva la especulación sobre posibles futuros escenarios es esencial. Se exponen a continuación una serie de escenarios pre-singularidad, en los que la IA ha avanzado lo suficiente como para influir de manera decisiva en la ingeniería. No están ordenados según un criterio concreto:

STARTREK:

La humanidad se embarca de manera global en la construcción de una sociedad híper-tecnológica: infraestructuras colosales, exploración espacial, nuevas fuentes de energía, recuperación del medio ambiente. Todo el talento mundial se destina de manera masiva a la investigación y a resolver los desafíos científicos pendientes. Las políticas de educación STEM han tenido éxito y el desempleo es un problema residual. Todos los ingenieros, sin importar el número, están ocupados desarrollando el progreso. Los avances en IA son lo mejor que le ha pasado a la humanidad logrando cotas de bienestar sin precedentes. Es el refloreCIMIENTO del capitalismo.

Este es el escenario en el que somos capaces de aprovechar las oportunidades de la IA, y quizás incluso sortear el periodo de crisis. Es la utopía buscada en las estrategias nacionales de IA. Elon Musk incardina el espíritu del escenario STARTREK. Que haya personas así me da cierta esperanza.

TENDENCIA:

El uso de la IA se generaliza en la mayoría de las herramientas de ingeniería disponibles en el mercado. Todo el mundo puede acceder a ellas en igualdad de condiciones. La productividad del sector de la ingeniería asistida por IA crece de manera acelerada. La alta competencia entre empresas no permite una mejora de márgenes ni de salarios. Hay dificultades laborales para todo el colectivo de ingenieros. La automatización sigue su curso destruyendo puestos de trabajo. Las políticas de educación STEM tienen poco éxito y el malestar social es creciente por culpa del paro, la desigualdad, la precariedad y la escasez de ayudas sociales. La animosidad contra las tecnologías de automatización crece y la percepción pública del colectivo de ingenieros se resiente.

Tal vez si consiguen ponerse de acuerdo a nivel internacional sobre el tema de la renta básica universal se pueda mitigar ese malestar social un poco.

AMERICA FIRST:

Empresas norteamericanas irrumpen con sofisticadas herramientas de ingeniería apoyadas en IA que han sido desarrolladas durante años con sigilo y que no están disponibles inicialmente en el mercado. Tras un periodo de cierta convulsión en el que acaparan una parte importante del negocio mundial de la ingeniería y se convierten en polos de concentración de las empresas en declive de este sector, cuando consideran que su posición dominante está suficientemente consolidada comienzan a abrir la mano permitiendo que sus aliados vayan accediendo también a estas nuevas herramientas. Siempre conservando una ventaja tecnológica y manteniendo la supremacía y el control. Hay problemas laborales para el colectivo de ingenieros, más graves en los países menos aventajados. El panorama es mucho más benévolo en EEUU gracias a su anticipación. Las empresas que no disponen de esas tecnologías experimentan muchas dificultades.

Si bien EEUU es por antonomasia la potencia con más tradición innovadora, es de esperar que otras naciones como China o Rusia no estén dispuestas a ir a remolque comprometiendo su soberanía al

depender tecnológicamente de otra. Este escenario es más probable si no nos anticipamos y dejamos que se lleven el gato al agua los de siempre.

AMISH:

Renunciamos a la tecnología y retrocedemos al siglo XVIII antes de la revolución industrial para dedicarnos al sector primario viviendo como granjeros. No hacen falta ingenieros. Todos tienen un trabajo estable. En vez de ir a conferencias sobre IA, la gente acude a la iglesia a dar gracias al Señor y a rezar para que llueva, para que no haya plagas y para que sus hijos no se mueran de un catarro. Es un escenario aparentemente cómico, pero también puede verse como una caricatura de lo que sería la vida de una parte de la sociedad si finalmente son excluidos viéndose forzados a una economía de subsistencia. Es decir, la no participación en la vida moderna no necesariamente equivale al apocalipsis. Habría que analizar cómo funcionan sociedades actuales que tienen altísimas tasas de desempleo sin cobertura pública. Es algo difícil de imaginar en un país industrializado condicionado por la competitividad global.

COLMENA:

El malestar de la población desemboca en la elección de gobiernos populistas y se instaura una forma de socialismo. La economía planificada y el poder político centralizado permiten disminuir las tensiones sociales, al menos inicialmente. La profesión de ingeniero mantiene parte de su prestigio pero las oportunidades de automatización están muy limitadas y condicionadas por la política. El principal desafío es que se trata de un modelo socio-económico que no se corresponde bien con la naturaleza humana. Haría falta una maquinaria de adoctrinamiento muy potente para construir el ideario de comunidad unida dejando las clases, los privilegios y el individualismo a un lado. Tendría que convertirse en una autarquía. Hay antecedentes históricos con desiguales resultados. Creo que es muy tarde para este experimento.

MERITOCRACIA INTEGRISTA:

Hay una élite corporativa que controla la tecnología y gracias al desarrollo de la IA necesitan pocos empleados para mantener en funcionamiento los centros de producción. Durante años ha sido maltratada, vilipendiada y difamada por las masas ruidosas que sufren las consecuencias de la automatización y que sucumben a la manipulación de la propaganda anti-tecnológica y la cultura anti-corporativa. Los gobiernos oclocráticos han hecho muy poco por proteger la honorabilidad de esta minoría y nadie ha alzado la voz en su defensa. Estos magnates están hartos de aguantar los insultos y reproches de una muchedumbre protestona de envidiosos y frustrados, y de que se les acuse injustamente de ser unos explotadores esclavistas y unos ladrones en vez de ver reconocidos sus méritos y su contribución al progreso. Ahora usan su poder con una total falta de empatía y son capaces de proteger su estatus a través de su influencia política. Los servicios sociales no existen y se practica la represión sin escrúpulos. Su ley dice: "Si no contribuyes eres un parásito". Por otra parte hay una gran masa de población marginal, pobre, sin voz y sin oportunidades ya que la élite no experimenta el más mínimo impulso ético de ayudarles. La cúpula dirigente está formada principalmente por algunos ingenieros o asimilados y otros privilegiados, pero fuera de ese círculo los que pueden aportar algo tienen una vida marcada por la austeridad y una competencia despiadada.

Obviamente los países que menos problemas tendrán serán aquellos que sepan concentrar la actividad empresarial más productiva y enriquecedora. Hay que tener en cuenta que estos escenarios aplicarían a naciones industrializadas occidentales. Supongo que en países como Japón podría pasar algo similar, pero admito que su cultura, hasta donde la conozco, me desconcierta. Para países como Arabia Saudí la cuarta revolución industrial les afectará en que van a tener los mejores coches autónomos y los mejores robots asistenciales, pero la fiesta continuará.

No apuesto por los escenarios utópicos aunque no me parecen imposibles. Veo cómo va la sociedad, la conflictividad en aumento, constantes manifestaciones, reproches y odios por todas partes, aceptación de la violencia como medio para resolver los problemas porque la justicia no funciona, enconamiento de posiciones ideológicas, caos y desigualdad crecientes. Y ahora viene la IA, inexorablemente, para desequilibrar todo un poco más, esta vez incluyendo a los ingenieros.

Conclusiones

La ingeniería, entendida como el diseño de máquinas, estructuras, instalaciones y sistemas físicos en general, es una actividad manifiestamente estratégica para todo tipo de industrias incluida la militar. El impacto que la IA tendrá en la ingeniería y su lógica repercusión en la economía y la sociedad parecen haber sido pasados por alto. Esto probablemente es debido por un lado a diversos prejuicios que conducen a pensar que la ingeniería es un sector poco susceptible de ser automatizado salvo que se llegue a la singularidad, y por otro lado a la escasez de perfiles que combinen experiencia en el dominio determinístico del software de ingeniería y en el dominio heurístico del software de IA. Sin embargo la realidad es bien distinta y son de esperar profundos cambios en la productividad y funcionalidad de las herramientas de ingeniería en los próximos años cuando las técnicas ya conocidas de IA comiencen a integrarse de manera generalizada en el software de ingeniería para dar lugar a lo que podríamos denominar herramientas de ingeniería artificial. Estas herramientas, nuevas o evolucionadas, no reemplazarán por completo al ingeniero, pero tendrán la capacidad de automatizar muchas de las tareas cognitivas que hoy parecen sólo al alcance del ser humano. Las consecuencias más inmediatas serán la disminución del coste y la aceleración en la elaboración de proyectos de ingeniería, lo que a su vez repercutirá en muchas otras cosas. Este incremento de productividad unido al hecho de que países emergentes, antaño irrelevantes en el mercado global de la ingeniería, ahora vayan a posicionarse con fuerza en el mismo, dibujan un panorama laboral cuanto menos inquietante para los ingenieros.

Se debe tener en cuenta además que el futuro auge esperable en el sector tecnológico podría verse truncado o ralentizado debido a la reacción social y política ante las consecuencias laborales de la automatización. Impulsar una formación educativa adecuada para participar en la economía productiva sería la táctica ideal para combatir esta crisis, aunque su posible éxito es cuestionable. Adicionalmente, son varias las malas estrategias que pueden activarse para contrarrestar dichos efectos negativos: impuestos selectivos, empleo artificial, obstaculización regulatoria, etc. Estas medidas se traducirán en mayores cargas para la economía real y en la disminución de oportunidades laborales y empresariales para aquellas personas que sí hayan realizado el esfuerzo e inversiones necesarios para aprovecharlas.

Si bien esta perspectiva ya es preocupante, lo es aún más el hecho bastante probable de que crezca la animosidad social contra las tecnologías de automatización y por ende contra aquellos que las hacen posibles socavando seriamente la imagen pública de los ingenieros. En la sociedad mercantilista y teóricamente meritocrática en la que vivimos no es sencillo articular medidas compensatorias que puedan paliar eficazmente el empobrecimiento de los trabajadores desplazados por la tecnología. Estos damnificados por la 4ª revolución industrial, viéndose incapaces de competir y desamparados por los servicios sociales, no aceptarán sin más la pérdida irremediable de su estatus y atacarán de una manera mezquina e insidiosa aquello que consideran la causa de sus males. Todo parece indicar que las tendencias oclocráticas en las sociedades occidentales van a ir a más, y contingencias inverosímiles en un estado de derecho y en una economía de libre mercado se pueden convertir en algo habitual con tal de apaciguar a las masas soliviantadas. Esto provocará frustración, indefensión y una profunda sensación de traición en aquellos que, en su legítimo derecho y de manera honesta y encomiable, pretendan desarrollar o explotar tecnologías cuyas repercusiones en la productividad se conviertan en un problema de ruido político.

Aunque creo que lo más peligroso de todo este futuro no son los problemas laborales de los ingenieros o que se obstaculice la automatización para ralentizar su impacto en el empleo, sino la ética de la misma sociedad en el difícil escenario que se avecina. En las crisis suele buscarse un chivo expiatorio al que poder culpar y contra el que dirigir la ira. Convertir a la élite tecnológica en la bestia a la que perseguir y linchar públicamente como responsable del sufrimiento de las clases populares perjudicadas por la automatización es un gravísimo error. Esperar que esta élite maltratada y vilipendiada tan injustamente por la sociedad, y en ocasiones con la complicidad del estado, vayan a mostrar un comportamiento ético cuando dominen el poder de la IA me parece una ilusión infantil e irresponsable. La amenaza es tan seria que cuando en las estrategias nacionales de IA se habla de ética, creo firmemente que no sólo debería tratarse la ética de los algoritmos o la de los ingenieros que los implementan, sino la de toda la sociedad.

Teniendo en cuenta que los estudios sobre el impacto de la IA en la ingeniería parecen muy escasos y demasiado optimistas, recomiendo que se elabore un informe de prospectiva tecnológica a 20 años vista monográfica sobre el impacto de la IA pre-singularidad en la profesión del ingeniero, la actividad de las empresas de ingeniería y sus repercusiones industriales a nivel europeo. Que se haga con una metodología y con la participación de expertos multidisciplinares que conozcan no sólo las tecnologías involucradas sino también los diversos entornos industriales que van a verse afectados.

El informe debería incluir una tabla en la que a cada rama de ingeniería se le asigne un valor indicando el porcentaje esperable de automatización o incremento de productividad considerando la proyección a futuro de las tecnologías de IA ya existentes aplicadas a la ingeniería. Dentro de lo subjetivo que es estimar un incremento de productividad futuro, se puede considerar más objetivo y fiable que especular acerca de si un empleo se perderá o no pues ello depende de factores socio-políticos difíciles de pronosticar. Los partícipes deberán estar prevenidos sobre los prejuicios que pueden conducir tanto a subestimar como a sobrestimar el potencial de la IA en la ingeniería.

Si el IIE considera que es un asunto de relevancia suficiente, y teniendo en cuenta que el IIE es la institución que representa a los ingenieros españoles, propongo al IIE que promueva la elaboración de este informe, y si tiene los recursos y le parece adecuado a sus fines institucionales, que lo coordine y lidere.

Creo que el aspecto más inexplorado sobre el impacto de la IA en la ingeniería es la posible reacción social adversa a los profundos cambios que se esperan, no todos positivos, a causa de la 4ª revolución industrial y que indirectamente afectarán al colectivo de ingenieros por ser actores protagonistas de esta revolución.

En lo concerniente a este asunto recomiendo enérgicamente que se ponga en marcha alguna iniciativa para contrarrestar la propaganda y cultura anti-tecnológica que pretenda acomplejar, avergonzar o estigmatizar al colectivo de ingenieros, o a su trabajo, señalándolos como culpables de la pérdida de empleos y el empobrecimiento de ciertos sectores de la población. Por mucho que se deteriore la situación laboral a causa de la automatización no tenemos que sentir vergüenza de ser buenos ingenieros. O es que acaso deberíamos diseñar robots discapacitados gobernados por algoritmos de subnormalidad artificial para asegurarnos de que no le quitan el trabajo a la gente. Las empresas tienen que ser máquinas de producción rentables y eficientes. Los ingenieros tienen que realizar diseños optimizados que cumplan su función eficazmente. Los problemas de empleo que surgen irremediablemente con el progreso tecnológico deben ser atendidos por los servicios sociales y gestionados con políticas audaces y no mediante parches provisionales.

Intentar confundir a los ciudadanos haciéndoles creer que el desempleo debe ser resuelto por las empresas, y de que la automatización es la culpable de que la gente se quede sin trabajo es una vil manipulación muy contraproducente. La solidaridad va a ser muy necesaria, pero debe articularse a través de los servicios sociales. Y sin olvidar que la solidaridad no consiste únicamente en que los que producen riqueza la compartan con los que no la producen. Los que no pueden contribuir también deben ser solidarios y hacer todo el esfuerzo necesario para arrimar el hombro. Pero como trabajadores que somos, los ingenieros no debemos subestimar la posibilidad de que también lleguemos a necesitar ayuda y por eso mismo debemos ser los primeros en denunciar esa manipulación que sólo sirve para que los gestores públicos se inhiban de su responsabilidad a la hora de garantizar un sistema de cobertura social bien organizado y de calidad.

Téngase presente que ya se ataca abiertamente a la bestia de las tecnológicas y que se han acuñado términos como “uberización de la economía” para asociar el rotundo éxito de estas empresas con la precarización de las condiciones laborales y el empobrecimiento de los trabajadores. Esa batalla de manipulación insidiosa ha comenzado y tanto los ingenieros como los empresarios tenemos que estar preparados para responder a la estupidez que al no ser contestada se propaga descontroladamente convirtiéndose en el único discurso audible. Los enemigos del empleo no son los robots, ni la automatización, ni la IA, ni por supuesto los ingenieros. Los únicos enemigos del empleo son la competitividad y la conflictividad laboral.

La propaganda anti-tecnológica, perversamente entrelazada con la cultura anti-corporativa, no es más que una cortina de humo diseñada para desviar la atención del verdadero origen del problema: la incapacidad política para conciliar solidaridad y meritocracia en un sistema que funcione a gusto de todos. Y ese desvío de atención desde luego no ayuda a que se encuentre una solución justa,

racional y duradera.

Por la cuenta que nos trae, propongo que el IIE se involucre en esta iniciativa creando el “Comité de Contestación a la Estupidez”. Y puesto que su cometido será combatir la tergiversación, el cinismo y la hipocresía encapsulados en ese eufemismo tan de moda conocido como “corrección política”, también sugiero que no se le busque otra denominación eufemística. Si el IIE tuviera el valor y la fortaleza de aceptarlo, su misión será prevenir a los ingenieros sobre este tipo de situaciones y divulgar las técnicas para responder ante ellas con razones, sin cinismo y sin aceptar la presuntuosa superioridad moral de los críticos; situaciones que ya son una realidad y que se irán agravando en el futuro. No es una misión particularmente compleja en sí misma y seguro que hay personas a las que les gustaría participar. El verdadero reto es que es una misión de valientes pues lo habitual es que cuando alguien se atreve a contradecir lo políticamente correcto suele invadirle una profunda sensación de soledad que le acongoja ya que los demás, aun estando de acuerdo, suelen callar y mirar para otro lado. Es el “síndrome de la mujer maltratada” que acaba asumiendo las acusaciones vejatorias auto-convenciéndose de que es la culpable de su calvario al comprobar que nadie le apoya. Reconozco que yo no soy un buen ejemplo pues ni siquiera he tenido el suficiente valor para explayarme en este asunto ya que también temo quedarme solo. Sinceramente pienso que se trata de algo absolutamente pertinente, y me he atrevido a exponerlo porque en el Comité de Tecnologías de Defensa, de vez en cuando, se atreven a hacer cosas tan políticamente incorrectas como por ejemplo intentar explicar la importancia de la industria de defensa y la tecnología armamentística, o elogiar y ensalzar a figuras militares vinculadas al imperialismo español, o incluso enorgullecerse de la historia de nuestro país.

El hecho de que España no haya redactado todavía su estrategia nacional de IA puede ser una oportunidad. Si llegara a redactarse y consiguiéramos convencer al grupo de trabajo encargado que se tuvieran en cuenta estas recomendaciones, sería la primera estrategia nacional de IA en la que se considerase a la ingeniería como un sector clave con entidad propia y en la que al tratar el tema de la ética se manifestara que es una responsabilidad de toda la sociedad y no sólo de los ingenieros que desarrollan la IA.

El Partido Popular presentó el 16 de julio de 2018 una proposición no de Ley para desarrollar una estrategia nacional de IA.

Si han prestado atención se habrán dado cuenta de que he construido esta prospectiva sin recurrir a la ciencia ficción en ningún momento. Siempre he utilizado tecnologías existentes y fenómenos sociales actuales para proyectarlos hacia el futuro según las tendencias que ya se pueden observar. Soy consciente de que hacer este tipo de vaticinios tan pronto puede parecer aventurado. Pero lo que no sirve para nada es que dentro de 10 años salga el gurú de turno a decir esto mismo cuando ya sea evidente para todo el mundo. El momento de prepararse para estas contingencias es ahora, no cuando ya las tengamos encima. Lo que yo puedo hacer es advertirlo, que caiga en saco roto no es cosa mía.

No espero que nadie me dé la razón, este memorando es una invitación a la reflexión, nada más. Lo único que he hecho es conectar los puntos. Yo os los muestro y apelo a vuestra inteligencia para que también los conectéis porque todos vivimos en el mismo mundo y vemos las mismas cosas.