

Universitat Oberta de Catalunya

# OIKONOMICS

Revista d'economia, empresa i societat

**Núm. 12, novembre de 2019**

ÍNDEX

## Núm. 12, novembre de 2019

### Dossier «Revolució 4.0: progrés o precarització?» coordinat per Josep Lladós

Editorial: Revolució 4.0: progrés o precarització?

*Josep Lladós*

Revolucions industrials: un concepte espuri

*Eduard Aibar*

Indústria 4.0 i resultats empresarials a Espanya: un primer escaneig

*Joan Torrent-Sellens*

Ens robaran els robots els llocs de treball? Un cop d'ull al mercat laboral a Espanya

*Josep Lladós*

Els nous perfils professionals en el marc de la Indústria 4.0

*Xavier Pi Palomés, Pere Tuset-Peiró*

Reptes i oportunitats de l'ús de la intel·ligència artificial a les administracions públiques

*Agustí Cerrillo i Martínez*

El jutge artificial: propera parada?

*David Martínez Zorrilla*

## Editorial

# Revolució 4.0: progrés o precarització?

## Josep Lladós

Professor agregat dels Estudis d'Economia i Empresa de la UOC  
 Coordinador del dossier de l'edició número 12 d'*Oikonomics*

*One, a robot may not injure a human being, or, through inaction, allow a human being to come to harm.  
 Two, a robot must obey the orders given it by human beings except where such orders would conflict with the First Law.  
 And three, a robot must protect its own existence as long as such protection does not conflict with the First or Second Laws.  
 Right! Now where are we? (Runaround. Isaac Asimov, 1942)*

L'any 1942, en ple conflicte bèl·lic mundial, el científic i escriptor Isaac Asimov va publicar *Runaround*, un relat curt en què enumerava per primer cop les conegudes tres lleis de la robòtica, obrint pas a una fecunda i reeixida producció d'obres de ciència ficció que tenien en la robòtica i els avenços de la intel·ligència artificial un dels seus eixos principals.

Els avenços tecnològics i científics viscuts des d'aquell moment han estat espectaculars, transformant les societats en què vivim i la nostra forma d'organitzar les activitats de producció, distribució, treball i consum.

Cada episodi de canvi tecnològic obre oportunitats i genera beneficis socials i econòmics, però també representa riscos i comporta costos, perquè la història ens ha ensenyat que cap llei econòmica justifica que les pèrdues i guanys s'hagin de repartir com a bons germans. Quan el canvi tecnològic impacta el gruix de les activitats humanes pot tenir una naturalesa disruptiva i, en aquests casos, esdevé un repte per a l'estatus socioeconòmic dels països que estan implicats en una transformació de base tecnològica.

Actualment, s'anuncia una revolució tecnològica d'ampli abast que tindria en els avenços en robòtica, intel·ligència artificial o la internet de les coses alguns dels seus principals responsables. D'aquesta manera, sovintegen estudis d'impacte que presenten resultats molt dispars, en funció de les hipòtesis assumides i dels mètodes emprats, i que ens informen d'una profunda transformació tecnològica, de naturalesa transversal, que amenaçaria amb deixar sentir una empremta duradora en els models de negoci, l'organització del treball i la nostra mateixa manera de relacionar-nos i viure. La preocupació existent sobre els efectes que aquesta nova etapa de canvi tecnològic pugui tenir és molt comprensible i legítima, sobretot, en els nivells i la qualitat del treball humà, i continuarà sent vigent durant molts anys, ja que només cal preguntar-se on som ara.

En aquest número de la revista tractem d'oferir alguna llum addicional envers les característiques i les conseqüències de la pomposament anomenada quarta revolució industrial. En primer lloc, reflexionant envers la seva naturalesa mateixa. L'article del professor Aibar ens posa davant del mirall interrogant-nos a nosaltres mateixos sobre si realment estem davant d'una autèntica revolució industrial, malgrat que l'imaginari col·lectiu i bona part de la comunitat acadèmica així ho creguin, o estem participant acríticament d'una profecia que es va autocom-

plint, a mode de revolució premonitòria, i que respon a alguns interessos polítics i ideològics concrets. Contribuïm inconscientment a promoure la substitució de la política per la enginyeria?

Més enllà del caràcter revolucionari de la col·lecció de tecnologies que s'aixopluguen sota el paraigües 4.0 i de les conseqüències de creure en un determinisme tecnològic unidireccional que identifica la tecnologia com l'agent causal principal de les transformacions socials que vivim, el canvi tecnològic digital és una realitat ja consolidada en el nostre sistema econòmic. L'article del professor Torrent ens aproxima com el teixit productiu es veu impactat per aquesta nova generació de tecnologies. Malgrat que la seva investigació es veu limitada per les dificultats per disposar d'informació estadística *ad hoc* envers les tecnologies 4.0, els seus resultats ens apunten que el seu ús pot tenir efectes de complementarietat tecnològica que afavoreixin millores d'eficiència i de resultats empresarials. Certament, les empreses de major dimensió i en activitats més intensives de coneixement probablement també siguin les més actives en la incorporació d'aquestes tecnologies a l'economia espanyola i, per tant, les més beneficiades del seu ús estratègic, però els avantatges revelats en generació de valor i posició competitiva semblen prou evidents. Poc més d'una quarta part d'empreses en fan, però, un ús intensiu.

Dos articles ens permeten endinsar-nos en les conseqüències al mercat laboral. D'una banda, l'estudi de la nova ocupació creada a Espanya ens evidencia que l'impacte de l'ús de les tecnologies emergents està estretament influït per les característiques del model productiu dominant. El biaix en les oportunitats d'ocupació en funció del nivell de qualificacions es confirma, si bé la incapacitat per oferir llocs de treball adequats als coneixements adquirits per l'oferta laboral genera un desajust creixent en relació amb les habilitats requerides per la demanda de treball. Es continuen sol·licitant majoritàriament habilitats de naturalesa bàsica o poc complexa, probablement per a desenvolupar tasques essencialment rutinàries (però no repetitives) a moltes de les ocupacions creades. En aquests casos, augmenta el risc de polarització al mercat laboral i el temor a un progressiu descens de la prima salarial a l'educació. Si, en aquestes circumstàncies, la pressió del canvi tecnològic encara és poc percebuda a Espanya probablement sigui per les magres condicions laborals de moltes de les noves ocupacions creades al sector terciari. El risc de precarització no és pas negligible.

De l'altra, la investigació dels professors Tuset i Pi incorpora la dimensió dels determinants de l'adopció de les tecnologies digitals a l'anàlisi i reflexiona envers els canvis en els perfils professionals que se'n deriven. L'aplicació de les tecnologies emergents a la producció modifica sensiblement els coneixements i habilitats requerits als llocs de treball. Els autors ens apunten que el repte de l'adopció de la tecnologia no rau tant en la seva novetat sinó en la capacitat per a saber combinar-les adequadament. Indiquen que, a mesura que moltes tecnologies identificades com a 4.0 han arribat de forma simultània al seu nivell de maduresa, s'obren diversos escenaris que permetrien combinacions favorables de caràcter transformador. Ens adverteixen, però, de la necessitat d'una adequada exploració i avaluació prèvia per a finalment reeixir en l'obtenció dels seus beneficis potencials. La reflexió estratègica adequada probablement exigeix alçar la vista més enllà de la voràgine d'oportunitats tecnològiques que constantment emergeixen. L'article proporciona fulls de ruta i eines de diagnòsi de gran utilitat que faciliten la presa d'aquestes decisions estratègiques i un mapeig dels perfils professionals més requerits i de les necessitats de formació més demanades en el marc de la indústria 4.0. La reivindicació de la formació continuada emergeix com a via més important per a mitigar el desajust existent al mercat laboral pel que fa als perfils professionals.

També és important assumir que l'impacte de les tecnologies emergents va més enllà del sistema productiu. Els dos darrers articles d'aquest monogràfic se centren en algunes institucions cabdals de la societat. En el cas del professor Cerrillo, es presenta una reflexió molt interessant envers la incidència de l'ús de la intel·ligència artificial a les administracions públiques. Si bé el seu nivell de penetració és més lent que no pas al teixit empresarial, els seus efectes no són gens menyspreables. D'una banda, afavorir una millor anàlisi de l'extensa quantitat de dades i informació disponible pel sector públic, la qual cosa hauria de contribuir a una millor qualitat en la presa de decisions per part dels responsables principals de les diferents administracions. De l'altra, mitjançant una major eficiència i alhora eficàcia en la implementació de les polítiques públiques i, en particular, la prestació directa de serveis. Un repte de primer ordre per a les nostres administracions que té diferents dimensions, relacionades amb consideracions ètiques i de garantia de drets i responsabilitats, que hauria de conduir cap a un nou model de gestió pública, més ràpida i efectiva, basada en l'anomenada governança intel·ligent.

Finalment, l'article del professor Martínez ens presenta la influència que la intel·ligència artificial pot tenir en l'àmbit de la justícia. Si els avenços científics i tecnològics han permès a les societats beneficiar-se de millores

en molts àmbits relacionats amb les activitats humanes, caldria reflexionar envers els límits i les repercussions potencials de l'ús de les tecnologies 4.0 en l'aplicació judicial del dret. El treball ens permet albirar si estem lluny del concepte de jutge artificial i comprendre millor les conseqüències de l'automatització en l'aplicació del dret. L'autor ens presenta alguns exemples recents i reveladors de la implementació de les tecnologies emergents en aquest àmbit i, finalment, ens situa davant de la comprensió del caràcter instrumental de les decisions judicials com a mètode d'aplicar el dret més que no pas d'impartir justícia. Precisament, els avenços tecnològics freqüentment ens faciliten i milloren la realització de les taques de naturalesa instrumental i mecànica. La importància de la consideració de la capacitat de reflexió i judici o la interpretació jurídica esdevindrien però essencials en el cas de l'automatització judicial. D'aquesta manera, l'article conclou amb una relació d'aspectes favorables i, alhora, de riscos (o elements a tenir en consideració) relacionats amb la implementació de la tecnologia artificial en el poder judicial.

Isaac Asimov afirmava que l'aspecte més trist de la vida actual era que la ciència avançava en coneixement més ràpidament del que la societat guanyava en saviesa. Confiem que amb aquesta edició de la revista haguem mínimament contribuït a la difusió de nou coneixement envers la naturalesa i les conseqüències d'una nova realitat tecnològica que probablement ens demanaria menys lleugeresa, sospesar més les paraules i un millor capteniment estratègic.

---

**Citació recomanada:** LLADÓS, Josep. *Revolució 4.0: progrés o precarització?* *Oikonomics* [en línia]. Novembre 2019, n. 12, pp. 1-3. ISSN: 2339-9546. DOI: <https://doi.org/10.7238/o.n12.1908>

---



**Josep Lladós**

[jladosm@uoc.edu](mailto:jladosm@uoc.edu)

**Professor agregat dels Estudis d'Economia i Empresa de la UOC**

Josep Lladós és llicenciat i doctor en Ciències Econòmiques i Empresariales, professor agregat dels Estudis d'Economia i Empresa de la UOC, director del programa interuniversitari de Doctorat en Administració i Direcció d'Empreses i investigador del grup de recerca DigiBiz (<http://transfer.rdi.uoc.edu/es/grupo/digital-business-research-group>). La seva àrea de coneixement és l'economia aplicada i focalitza la seva activitat de recerca principalment en els àmbits de l'economia internacional, la geografia econòmica i els processos d'innovació empresarial.

Els textos publicats en aquesta revista estan subjectes –llevat que s'indiqui el contrari– a una llicència de Reconeixement 4.0 Internacional de Creative Commons. Podeu copiar-los, distribuir-los, comunicar-los públicament i fer-ne obres derivades sempre que reconegueu els crèdits de les obres (autoria, nom de la revista, institució editora) de la manera especificada pels autors o per la revista. La llicència completa es pot consultar a <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ca>.



# OIKONOMICS

Revista d'economia, empresa i societat

**Dossier: «Revolució 4.0: progrés  
o precarització?»  
coordinat per Josep Lladós**

# DOSSIER OIKONOMICS

Núm. 2, novembre 2014

## «Xarxes socials, economia i empresa»

coordinat per Oriol Miralbell Izard

Núm. 3, maig 2015

## «Realitats i desafiaments de la Unió Europea»

coordinat per Albert Puig Gómez

Núm. 4, novembre 2015

## «Prevenió de riscos laborals: tendències en temps de crisi»

coordinat per Xavier Baraza Sánchez i Mar Sabadell i Bosch

Núm. 5, maig 2016

## «Repensant l'ensenyament de l'economia a la universitat»

coordinat per Carolina Hintzmann

Núm. 6, novembre de 2016

## «Economia social i solidària: experiències i reptes»

coordinat per August Corrons

Núm. 7, maig de 2017

## «Claus per a entendre el turisme d'avui»

coordinat per Francesc González i Soledad Morales

Núm. 8, novembre de 2017

## «Dirigir persones per transformar les organitzacions en temps d'incertesa»

coordinat per Pilar Ficapal-Cusí

Núm. 9, maig de 2018

## «Logística i cadena de subministrament en la nova era digital»

coordinat per Marta Viu

Núm. 10, novembre de 2018

## «El futur de les finances: ètica, tecnologia i globalització»

coordinat per Joan Llobet

Núm. 11, maig de 2019

## «Màrqueting digital: revolucionant el consum i la societat»

coordinat per Irene Esteban Millat

**Dossier «Revolució 4.0: progrés o precarització?»**

**Coordinador: Josep Lladós**

UN TERME AMB DEFICIÈNCIES I EFECTES IDEOLÒGICS

## Revolucions industrials: un concepte espuri

**Eduard Aibar**

Catedràtic d'estudis de ciència i tecnologia als Estudis d'Arts i Humanitats de la UOC

**RESUM** Aquest article analitza el concepte de revolució industrial, des dels seus orígens a finals del XIX fins a l'actual efervescència al voltant d'una suposada Quarta Revolució Industrial. Malgrat ser una idea fortament encastada en l'imaginari cultural occidental i també en el terreny acadèmic, nombrosos estudis historiogràfics, econòmics i sociològics duts a terme en les darreres dècades l'han qüestionat profundament. En aquest article explorarem, d'una banda, les seves deficiències més notòries –que per molts el converteixen en un concepte espuri, carregat de supòsits erronis i d'una visió obsoleta del desenvolupament tecnològic–, i, de l'altra, alguns dels efectes ideològics i polítics del seu ús.

**PARAULES CLAU:** revolució industrial; canvi tecnològic; determinisme tecnològic; neutralitat; autonomia de la tecnologia.

### *Industrial revolutions: a spurious concept*

**ABSTRACT** This article analyses the concept of industrial revolution, from its origins at the end of the 19<sup>th</sup> century up to the current excitement surrounding a supposed Fourth Industrial Revolution. Despite being an idea that is firmly embedded in the Western cultural imagination and in the field of academics, numerous historiographic, economic and sociological studies carried out in recent decades have deeply questioned it. In this article we will explore, on the one hand, its most widely-known deficiencies – which for many make it a spurious concept, loaded with erroneous suppositions and an obsolete vision of technological development – and, on the other, some of the ideological and political effects of its use.

**KEYWORDS** industrial revolution; technological change; technological determinism; neutrality; autonomy technology



El terme *revolució* ve del vocable llatí *revolutio*, que durant l'edat mitjana s'utilitzava per referir-se al moviment circular dels astres. Encara durant el Renaixement, el 1543, Nicolau Copèrnic va titular la cèlebre obra on exposava el seu model heliocèntric, fonament de l'astronomia moderna, *Sobre les revolucions de les esferes celestes*.

El seu ús més habitual avui dia, és a dir, el que es refereix a transformacions més o menys radicals i sobtades de l'ordre social o polític, sembla tenir l'origen a l'Anglaterra de finals del xvii, quan les classes altes es van alçar contra les inclinacions absolutistes del rei Jaume II, en el que va ser conegut com a **Revolució Gloriosa**. Aquesta nova accepció del terme, però, va ser minoritària i es va restringir a alguns cercles polítics i intel·lectuals europeus. Van ser els **il·lustrats francesos** de mitjan segle xviii que van popularitzar el terme per descriure el seu propi moviment intel·lectual, bàsicament perquè volien presentar-se a si mateixos com a subvertidors de l'*Ancien Régime* i portaveus d'un nou ordre i d'una nova manera de veure el món, basats en la raó i els nous sabers. És a partir de llavors que el sentit més explícitament polític del terme comença a aplicar-se de forma generalitzada a les revolucions burgeses americana (1775-1783), en primer lloc, i francesa (1789-1799), posteriorment.

Mentre que el concepte medieval i astronòmic fa referència a un moviment circular i repetitiu i, per tant, connota un canvi cíclic i periòdic que, al capdavant, deixa les coses tal com estaven, el sentit modern indica precisament el contrari: un **canvi radical i irreversible** que enceta un període nou, una nova època, en la història d'una societat. Les revolucions, al contrari del que passa amb els moviments dels planetes al voltant del sol, impliquen un moment singular de **ruptura** i estableixen una frontera temporal clara i abrupta entre el passat i el futur. Són, a més, esdeveniments cataclísmics, traumàtics, sovint violents, amb una certa coherència interna malgrat la seva complexitat i la multiplicat de forces o agents socials que hi poden intervenir, i tenen lloc de forma sobtada i més o menys acotada en el temps i l'espai.

## 1. La Primera Revolució Industrial

El terme *revolució industrial* es va començar a utilitzar a principis del segle xix per referir-se al que avui denominem la Primera Revolució Industrial, un episodi de canvi tecnològic i social que va tenir lloc originàriament a Anglaterra durant el període 1760-1840, aproximadament. L'economista francès Jérôme Adolphe Blanqui (1798-1854) va ser un dels primers autors a utilitzar de forma sistemàtica el terme en el sentit actual vinculat al canvi tecnològic. En concret, Blanqui s'interessava especialment per les **conseqüències socials** de les innovacions tècniques de finals del xvii que, segons ell, havien donat lloc, a Anglaterra, a una revolució industrial. Alguns anys més tard, el filòsof alemany Friedrich Engels (1820-1895), cofundador amb Karl Marx del materialisme dialèctic i del comunisme modern, va utilitzar el terme amb profusió a la seva obra *Sobre les condicions de la classe obrera a Anglaterra*, publicada el 1845, on, a partir de la seva estada a Manchester i després d'un minuciós estudi social i demogràfic, descrivia amb molt detall les penoses condicions de vida dels obrers i el seus salaris misèrrims, i constata que ambdós elements havien empitjorat considerablement comparant-los amb la situació dels treballadors agrícoles i ramaders de l'època. En essència Engels entenia la Revolució Industrial com la conjunció entre les innovacions en l'àmbit tèxtil i la màquina de vapor.

L'obra d'Engels no va ser traduïda a l'anglès fins a finals del xix i va ser de fet l'historiador econòmic Arnold Toynbee (1852-1883) qui va popularitzar el terme a Anglaterra, en una sèrie de conferències donades l'any 1881 i publicades després pòstumament. No hi ha constància que Toynbee conegués l'obra d'Engels i en tot cas no compartia certament el seu punt de vista marxista, però és remarcable que ambdós autors possessin l'èmfasi en les conseqüències desastroses i calamitoses que la Revolució Industrial havia tingut per a la major part de la població britànica. La Revolució Industrial era gairebé un sinònim de **catàstrofe social** per a aquests autors.

En tot cas, la tesi que va existir una veritable revolució industrial, en els termes moderns que hem descrit (esdeveniment sobtat, irreversible, trencador amb el passat i acotat en el temps i l'espai) va ser àmpliament acceptada durant el segle xx per molts acadèmics –principalment historiadors socials, econòmics i de la tecnologia– fins a esdevenir durant la segona meitat del segle una idea encastada fermament en el nostre imaginari cultural occidental. Progressivament s'hi van anar afegint, a més, altres revolucions tecnològiques –anteriors i posteriors. Molt aviat, la Revolució Industrial es va desdoblar en la **Primera** i en la **Segona**, aquesta última compresa entre

1870 i 1914 i caracteritzada per l'inici de l'electrificació, el motor de combustió interna, diferents tecnologies de comunicació (telègraf, ràdio i telèfon) i una llarga llista de nous materials. La tercera, més coneguda com a **Revolució Digital**, comença a finals dels 50 i està vinculada a les tecnologies de base microelectrònica, i la quarta, batejada així recentment, està associada a la robòtica, la intel·ligència artificial, la nanotecnologia i la biotecnologia i no té encara una definició temporal gaire clara. A banda d'aquestes també han estat identificades diverses revolucions tecnològiques en l'entorn agrícola preindustrial, fins i tot durant el neolític i, per descomptat, hi ha la lloada **Revolució Científica** del **xvii**.

## 2. El mite de la Revolució Científica

Tot i que la Revolució Científica queda fora de l'abast d'aquest treball, és sintomàtic com ha variat en les darreres dècades, a mesura que molts autors han aprofundit en el seu estudi, la nostra comprensió d'aquest fenomen històric, que ha merescut tanta atenció durant el segle **xx** i que ha esdevingut un dels pilars centrals de la modernitat segons les caracteritzacions estàndard. La concepció contemporània de la Revolució Científica es va forjar especialment durant la dècada dels anys 30 del segle passat quan una sèrie d'historiadors de la ciència com Alexandre Koyré, Herbert Butterfield o Alfred Hall van agrupar tota una sèrie d'innovacions en les tècniques i en la **filosofia natural** dels segles **xvi** i **xvii** sota l'etiqueta de Revolució Científica i amb un conjunt de trets suposadament comuns com la **matematització de la natura** o el **mètode científic**, pensats en gran part des de la filosofia de la ciència. Durant la dècada dels 60, aquesta historiografia tradicional va quedar encara més legitimada amb el concepte epistemològic de Revolució Científica introduït per Thomas Kuhn en la seva influent obra *L'estructura de les revolucions científiques* (1962).

Tanmateix, la trajectòria del concepte ha pres un nou rumb en les darreres dècades. A tall d'exemple, el prestigiós historiador i sociòleg de la ciència Steven Shapin comença la seva coneguda obra *The Scientific Revolution* (2018) amb la següent afirmació, a primera vista, força desconcertant: «There was no such thing as the Scientific Revolution, and this is a book about it» (Shapin, 2018, pàg. 1). L'argument de Shapin, presentat de forma molt sintètica, es basa principalment en dos fets, actualment incontestables des d'un punt de vista historiogràfic: d'una banda, no hi va haver cap esdeveniment singular i discret, ben acotat en el temps i l'espai, que correspongui a «la» Revolució Científica; i, de l'altra, durant el segle **xvii** no existia cap entitat cultural coherent anomenada ciència que pogués, per tant, ser objecte d'un canvi revolucionari. De fet, ni tan sols existia el terme *científic*, que va ser encunyat per William Whewell (1794–1866) l'any 1833.

El punt de vista de Shapin sobre la Revolució Científica no és una opinió extravagant, ans al contrari, el comparteixen la major part d'estudiosos actuals en àmbits com la història i la sociologia de la ciència, que no només han qüestionat les concepcions tradicionals en què es basa –com per exemple l'existència d'un suposat mètode científic compartit per totes les ciències–, sinó que han posat en dubte la mateixa existència de la Revolució Científica.

## 3. La crisi del concepte de revolució industrial

El que ha succeït amb el concepte de revolució científica presenta un gran paral·lelisme amb el cas de la Revolució Industrial. Historiadors econòmics tan reputats com Patrick O'Brien o Jan de Vries qualifiquen directament la Revolució Industrial d'una «denominació errònia», un «mite» o una més d'una llarga llista de «revolucions espúries» (O'Brien i Quinault, 1992; De Vries, 2009). Els motius fonamentals d'aquesta crisi, com en el cas de la Revolució Científica, són una llarga sèrie de troballes recents en els molts i minuciosos estudis històrics duts a terme en les darreres dècades, que qüestionen la visió tradicional d'aquest període, els que han estat, suposadament, els seus trets característics i, fins i tot, l'abast de les seves implicacions socials.

En primer lloc, algunes de les transformacions que sovint s'associen a la Revolució Industrial són, de fet, anteriors: la també anomenada **revolució agrícola britànica** va tenir lloc des de finals del xvii i va suposar un augment sense precedents de la producció i la productivitat en el camp i, per tant, en el subministrament d'aliments, i la xarxa de connexions entre ciutats (a través del transport i de vincles comercials) era també notòria en el període anterior. Com va passar en el cas del Renaixement respecte a l'edat mitjana, aquesta mena de mites històrics operen sempre construint un fort contrast, en realitat fictici, entre el passat, en aquest cas rural, sense creixement econòmic, socialment estàtic i amb una estructura urbana dèbil i poc connectada, i un futur industrial amb les característiques inverses.

D'altra banda, la imatge convencional de la Revolució Industrial està fortament associada a una innovació tecnològica concreta: la **màquina de vapor**. Es tracta, de fet, d'un patró recurrent en les narratives tecnorevolucionàries: la Tercera Revolució Industrial, per exemple, també s'associa de forma anàloga al **circuit integrat** (el xip, com avui l'anomenem), precedent directe dels microprocessadors que ara controlen ordinadors i telèfons mòbils. Però la realitat és que el període de la Revolució Industrial està farcit d'innovacions tècniques en molts àmbits diferents: des del teler mecànic, el procés per obtenir carbó de coc (que va substituir el carbó vegetal), diversos processos per l'obtenció més eficient de ferro, fins a les primeres màquines eina com la fresadora. Fins i tot, avui sabem que l'estalvi econòmic que van suposar les màquines de vapor va ser, en realitat, força modest (Von Tunzelman, 1977). La mitologia revolucionària acostuma, però, a identificar innovacions singulars –com a causa simple– que produeixen grans efectes generalitzats o universals –com a conseqüència complexa.

Un altre aspecte discutit de la Revolució Industrial és la seva acotació temporal. Les diverses caracteritzacions existents no han aconseguit un acord clar sobre aquest extrem. El mateix passa, de fet, amb la Segona i la Tercera Revolució Industrial. En gran part, aquestes discrepàncies són el resultat de dos supòsits erronis de la concepció tradicional de la tecnologia: d'una banda la confusió entre *innovació* i *ús* –amb la preferència gairebé hegemònica per destacar la primera– i la suposada concatenació mecanicista entre innovacions tècniques i efectes socials. La Segona Revolució Industrial, per exemple, va estar caracteritzada per l'extensió de l'ús de tecnologies que ja es coneixien abans –les màquines eina, les peces intercanviables o el procés Bessemer per produir acer. Les noves indústries basades en les noves ciències del segle XIX, que es consideren distintives de la Segona Revolució, eren en realitat petites en comparació amb les antigues i, de fet, el seu màxim històric es va produir després de la Segona Guerra Mundial. El procés de substitució de les antigues rodes hidràuliques per màquines de vapor, durant la Primera Revolució, va durar gairebé un segle i va estar lluny de ser un procés sobtat o vertiginós (Basalla i Rubio, 1991). El pic en el consum de carbó al Regne Unit, que habitualment s'associa també a la Primera Revolució Industrial, es va produir, de fet, durant la dècada del 1950 (Edgerton, 2004)! Normalment el major impacte social i econòmic d'una tecnologia es produeix en el moment de la seva màxima difusió i això acostuma a passar molt després de la seva invenció.

De fet, algunes de les transformacions més importants durant la Segona Revolució no van ser d'índole tecnològica en sentit estrictament artefactual: van tenir a veure amb les infraestructures (les xarxes d'electricitat), amb les formes de producció (la cadena de muntatge) o amb els patrons de consum (va néixer una veritable **societat de consum** en què els individus ja no només treballaven per satisfer les seves necessitats bàsiques) (De Vries, 2009).

## 4. Liberalisme, capitalisme i colonialisme

Durant els anys 50 i 60 del segle XX, una sèrie d'autors britànics moguts, en part, per una forta pulsio liberal i antimarxista i, en part, per un cert fervor tecnocràtic, van començar una campanya sistemàtica per rescatar el concepte de *revolució industrial* de les connotacions negatives (socialment catastròfiques, més aviat) que autors com Engels i Toynbee hi havien associat, per presentar-la com una fita històrica en el desenvolupament del Regne Unit –i, per extensió, de la història humana. Aquesta estratègia va sintonitzar perfectament amb certes tendències intel·lectuals i polítiques conservadores que culminarien més tard en els governs neoliberals de Thatcher, i amb una creixent consideració de la innovació tecnològica com a eix bàsic del creixement econòmic –una creença que

també començava a arrelar entre l'esquerra. Dit d'una forma simplista, la nova narrativa defensava que l'**individuisme** de John Locke, més l'**economia de lliure mercat** d'Adam Smith, havien produït la Revolució Industrial i, paral·lelament, les revolucions polítiques que havien instaurat la **democràcia** al Regne Unit, els Estats Units i França; és a dir, en resum, l'essència del **capitalisme liberal** (Coleman, 1992, pàg. 34).

Aquesta nova perspectiva, que en gran part va acabar conformant el mite popular actual de la Revolució Industrial, es va basar en part en una revisió de les conseqüències socials catastrofistes ja esmentades. Alguns autors van defensar, per exemple, que els principals efectes socials de la Revolució Industrial van ser un augment enorme de la productivitat i una consegüent millora sostinguda i sense precedents en les condicions de vida de la població. Tanmateix, els estudis més recents mostren com l'augment del nivell de vida no es va produir, en els països industrialitzats, fins a finals del XIX i principis del XX i que, a curt i mitjà termini, les condicions de vida van empitjorar (Feinstein, 1998).

Un altre aspecte que cal posar de manifest és el profund **etnocentrisme** que envolta el concepte. En primer lloc, la Revolució Industrial va ser un fenomen clarament britànic i, durant molt de temps, i encara ara en menor mesura, va ser conegut com la **Revolució Industrial britànica** –fins i tot molts autors situaven l'origen de la revolució, encara amb més precisió, al comtat de Lancashire. Durant moltes dècades, de fet, transformacions similars només van tenir lloc en poques nacions del planeta –una petita part d'Europa (els països amb grans imperis colonials) i els EUA, fonamentalment. Les concepcions posteriors, però, van considerar el fenomen sota l'esquema d'una mena de destí universal, inexorable, i molt aviat les societats i nacions de tot el planeta van ser classificades en funció del seu grau d'acostament a la industrialització d'aquests pocs estats: països **desenvolupats, en vies de desenvolupament o subdesenvolupats**. Fins i tot es van proposar arguments etnocèntrics per explicar el «retard» d'altres països –notòriament, la Xina– basant-se en la superioritat cultural, política i científica d'Europa. En general, l'etnocentrisme associat al concepte de *revolució industrial* ha fet que, fins fa poc, els vincles notoris entre el **colonialisme** i la industrialització fossin sovint obviats: no només les colònies van proveir la metròpoli de gran part de les matèries primeres sinó que la Revolució Industrial va incrementar considerablement l'abast i la intensitat de l'empresa colonial.

Finalment, molts dels problemes i reticències que el concepte de *revolució industrial* ha generat en els darrers anys tenen a veure amb el descrèdit actual de la idea de progrés associada de forma **automàtica**, durant bona part del segle XX, al **desenvolupament tecnològic** i al **creixement econòmic**. No només s'han fet palesos els efectes ambientals catastròfics de la Revolució Industrial, principalment per les emissions de CO<sub>2</sub>, i el consegüent canvi climàtic, que comença a tenir efectes socials devastadors, sinó que el creixement econòmic que s'hi ha vinculat s'ha traduït en un augment sostingut de les desigualtats socials i econòmiques en la major part de països, des de finals del XIX fins ara. És en aquest context que el concepte mateix d'*Il·lustració* ha estat revisat per separar-ne dos components que durant molt de temps han semblat complementaris: d'una banda un **projecte emancipador**, d'enfrontament a l'autoritat, d'insubmissió al poder i de combat contra la credulitat, i, de l'altra, el **projecte modernitzador**, entès com a domini i explotació de la natura mitjançant la ciència i la tecnologia –i la seva instrumentalització en el capitalisme industrial–, i com a submissió de la major part de cultures i pobles del planeta, mitjançant el colonialisme (Garcés, 2017).

## 5. Determinisme tecnològic i autonomia de la tecnologia

La major part de discursos al voltant de la Revolució Industrial o, en general, de les revolucions tecnològiques, es basen en formes més o menys explícites de **determinisme tecnològic**: la idea que la tecnologia constitueix l'**agent causal** singular més important en els canvis socials al llarg de la història; la tesi que el canvi tecnològic determina el canvi social o, dit d'una altra manera, que la tecnologia és, senzillament, el motor de la història. I el determinisme tecnològic s'associa sovint a l'anomenada **autonomia de la tecnologia**, la idea que la tecnologia segueix el seu propi curs al marge de la intervenció humana o social i que es desenvolupa, fonamentalment, de forma incontrolada. Autors amb orientacions tan diferents com Jacques Ellul, John Kenneth Galbraith, Martin Heidegger, Marshall McLuhan o Alvin Toffler es mostren d'acord en què la tecnologia es desenvolupa segons les

seves pròpies lleis inexorables, seguint una lògica particular que sempre acaba imposant-se a qualsevol intent de control humà (Winner, 1979).

La perspectiva determinista es caracteritza perquè considera la relació entre tecnologia i societat com a **uni-direccional**: mentre que l'evolució de la societat (en els seus aspectes econòmics, polítics o culturals) és conseqüència del desenvolupament tecnològic, la tecnologia sembla sorgir d'un àmbit extern al medi social: és un factor **exogen** amb una dinàmica pròpia que no resulta afectada, en el que és essencial, per factors socials –de fet, en aquesta visió, la tecnologia es considera políticament **neutral**. El desenvolupament tecnològic s'entén, així, teleològicament, com una successió encadenada d'invençions o innovacions en les quals cada baula condueix gairebé necessàriament –o naturalment– a la següent i on cada artefacte sembla haver estat dissenyat amb l'objectiu d'arribar a la situació actual, mitjançant aproximacions successives.

Les tesis del determinisme tecnològic i de l'autonomia de la tecnologia han estat fortament qüestionades per una gran quantitat d'autors i estudis en les darreres dècades –des de la història, la filosofia i la sociologia de la tecnologia, principalment– i actualment tenim teories molt més acurades sobre la interacció entre canvi social i tecnològic (Aibar, 1996). Malgrat això continuen sent la forma més popular i influent de pensar la relació societat/tecnologia i fomenten una actitud **fatalista** respecte al canvi tecnològic: atès el seu caràcter inexorable és inútil intentar oposar-s'hi o reconduir-lo des de l'acció social o política; l'única opció factible és adaptar-nos-hi o, com a molt, atenuar-ne els efectes negatius.

## 6. La Quarta Revolució Industrial

S'atribueix el concepte de **Quarta Revolució Industrial** a l'economista alemany Klaus Schwab, fundador del conegut Fòrum Econòmic Mundial (o Fòrum de Davos), una reunió anual de l'elit del capitalisme global, on líders empresarials, polítics i acadèmics celebren el triomf del neoliberalisme amb obscenitat i gran fastuositat. El vincle entre el concepte i el fòrum no és casual, com veurem.

La definició de Schwab no és gaire precisa. Esmenta elements com la robòtica, la intel·ligència artificial, la Internet de les coses o l'edició genètica –la major part tècniques originades fa unes quantes dècades– però posant l'èmfasi en la seva interconnexió: «The inexorable shift from simple digitization (the Third Industrial Revolution) to innovation based on combinations of technologies (the Fourth Industrial Revolution)» (Schwab 2017, 52). El primer que cal dir d'aquesta definició és que és idèntica a la que Rifkin (2011) havia donat sobre la Tercera Revolució Industrial. Sembla, doncs, que, paradoxalment, la nova revolució ens ha de portar... on ens hauria d'haver deixat l'anterior!

Tanmateix és més important remarcar la **inexorabilitat** que la definició també associa a aquesta revolució. De fet, l'obra de Schwab i la majoria dels discursos que propaguen crèdulament i de forma irreflexiva el seu vaticini constitueixen un compendi de tots els problemes, inconsistències i febleses del concepte de *revolució industrial* que hem exposat: etnocentrisme, determinisme tecnològic, autonomia i neutralitat de la tecnologia, fatalisme, equiparació automàtica entre desenvolupament tecnològic i progrés social, etc. Com a particularitat –que també comparteix amb la tercera– podríem destacar el **solucionisme tecnològic** (Morozov, 2015) amb què es presenta en la major part de formulacions: la idea que tots els problemes tenen una solució tecnològica (fins i tot els que han estat causats per la mateixa tecnologia) i, per tant, les empreses tecnològiques i el mercat podran resoldre'ls. Però, malgrat el caràcter omnipotent que s'atorga a aquesta nova revolució industrial, alguns dels problemes més greus i urgents a què ens enfrontem –l'escalfament global o la creixent desigualtat social, per exemple– no acostumen a esmentar-se entre els objectius de la Quarta Revolució. Com en la **ideologia californiana** (Barbrook i Cameron, 1996), que fusiona el determinisme tecnològic amb un neoliberalisme extrem, es professa una fe cega en la substitució de la política per l'enginyeria.

El tret diferencial més important d'aquesta revolució, però, és que, per primer cop, es tracta d'una revolució **premonitòria**: no descriu un període del passat, un conjunt d'innovacions conegudes o les seves conseqüències socials. Ni tan sols sabem qui són els actors que duren a terme aquestes innovacions, ni quins en seran els objectius. Considerant qui són els portaveus, no sembla que hagin de ser sinó les grans corporacions tecnològiques



que dominen les tecnologies de la comunicació i informació actuals o els entramats financers que les sustenten. L'únic missatge que es transmet de forma clara és que hi haurà guanyadors i perdedors. Aquests últims seran els països, institucions o individus que no sàpiguen adaptar-s'hi.

L'objectiu sembla, doncs, doble. En primer lloc, el d'esdevenir una profecia que s'autocompleix (Unwin, 2019), com ja ha passat recentment amb l'erròniament anomenada llei de Moore, i perpetuar el domini i la fortuna de les institucions i empreses que ja ara estan creant, configurant i impulsant aquestes tecnologies. En segon lloc, estendre la por i l'angoixa sobre un futur incert, mitjançant un discurs apocalíptic. Promoure, en resum, la creença que, un cop més, no hi ha altra opció que la submissió voluntària i que reconfigurar, capgirar o subvertir el desenvolupament tecnològic queda fora del nostre abast.

## Bibliografia

- AIBAR, E. (1996). «La vida social de las máquinas: orígenes, desarrollo y perspectivas actuales en el estudio social de la tecnología». *Revista Española de Investigaciones Sociológicas* [en línia]. Núm. 76, pàg. 141/70. [www.reis.cis.es/REIS/PDF/REIS\\_076\\_09.pdf](http://www.reis.cis.es/REIS/PDF/REIS_076_09.pdf)  
<https://doi.org/10.2307/40183990>
- BARBROOK, R.; CAMERON, A. (1996). «The californian ideology». *Science as Culture* [en línia]. 1996, vol. 1, núm. 6, pàg. 44-72. <https://doi.org/10.1080/09505439609526455>
- BASALLA, G.; RUBIO, J.V. (1991). *La evolución de la tecnología*. Barcelona: Crítica.
- COLEMAN, D.C. (1992). *Myth, history and the industrial revolution*. Londres: A&C Black.
- DE VRIES, J. (2009). *La revolución industrial*. Crítica: Barcelona.
- EDGERTON, D. (2004). «De la innovación al uso: diez tesis eclécticas sobre la historiografía de las técnicas». *Quaderns d'història de l'enginyeria* [en línia]. Vol. 6, pàg. 1-23. [upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099/768/innovacion\\_uso.pdf?sequence=7](http://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099/768/innovacion_uso.pdf?sequence=7)
- FEINSTEIN, C. (1998). «Pessimism Perpetuated: Real Wages and the Standard of Living in Britain during and after the Industrial Revolution». *Journal of Economic History* [en línia]. Vol. 3, núm. 58, pàg. 625-58. <https://doi.org/10.1017/S0022050700021100>
- GARCÉS, M. (2017). *Nova il·lustració radical*. Barcelona: Anagrama.
- KUHN, T.S. (1976). *La estructura de las revoluciones científicas*. México: FCE.
- MOROZOV, E. (2015). *La locura del solucionismo tecnológico*. Madrid: Katz.
- O'BRIEN, P.; QUINAULT, R.E. (1992). *The industrial revolution and British society*. Cambridge: Cambridge University Press.
- RIFKIN, J. (2011). *La tercera revolución industrial*. Barcelona: Paidós.
- SCHWAB, K. (2017). *The fourth industrial revolution*. Redfern: Currency.
- SHAPIN, S. (2018). *The scientific revolution*. Chicago: University of Chicago Press.  
<https://doi.org/10.7208/chicago/9780226398488.001.0001>
- UNWIN, T. (2019). «Why the notion of a Fourth Industrial Revolution is so problematic». *Tim Unwin's Blog* [en línia] [unwin.wordpress.com/2019/03/09/why-the-notion-of-a-fourth-industrial-revolution-is-so-problematic](http://unwin.wordpress.com/2019/03/09/why-the-notion-of-a-fourth-industrial-revolution-is-so-problematic) [consulta: agost 2019].
- VON TUNZELMANN, N. (1977). *Steampower and industrialisation*. Oxford: Oxford University Press.
- WINNER, L. (1979). *Tecnología autónoma*. Barcelona: Gustavo Gili.

**Citació recomanada:** AIBAR, Eduard. Revolucions industrials: un concepte espuri. *Oikonomics* [en línia]. Novembre 2019, n. 12, pp. 1-8. ISSN: 2339-9546. DOI: <https://doi.org/10.7238/o.n12.1909>

---



**Eduard Aibar**

eaibar@uoc.edu

**Catedràtic d'estudis de ciència i tecnologia als Estudis d'Arts i Humanitats de la UOC**

Eduard Aibar és catedràtic d'estudis de ciència i tecnologia (Science & Technology Studies, STS) als Estudis d'Arts i Humanitats de la UOC i director del grup de recerca sobre Ciència i Innovació Obertes (OSI). Imparteix docència als graus d'Humanitats, Ciències Socials i Antropologia i als màsters d'Història Contemporània i de Filosofia per als Reptes Contemporanis, de la UOC, així com al Doctorat en Societat de la Informació i el Coneixement. Ha estat professor associat a la Universitat de Barcelona, investigador postdoctoral a la Universitat de Maastricht (Països Baixos) i a la Universitat de Salamanca. Ha publicat nombrosos treballs sobre la interacció entre el desenvolupament científicotecnològic i el canvi social i organitzatiu en àmbits com l'administració electrònica, l'urbanisme o Internet. Més informació a [www.uoc.edu/webs/eaibar](http://www.uoc.edu/webs/eaibar)

Els textos publicats en aquesta revista estan subjectes –llevat que s'indiqui el contrari– a una llicència de Reconeixement 4.0 Internacional de Creative Commons. Podeu copiar-los, distribuir-los, comunicar-los públicament i fer-ne obres derivades sempre que reconegueu els crèdits de les obres (autoria, nom de la revista, institució editora) de la manera especificada pels autors o per la revista. La llicència completa es pot consultar a <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ca>.



## Dossier «Revolució 4.0: progrés o precarització?»

Coordinador: Josep Lladós

PROCESSOS DE GENERACIÓ DE VALOR

# Indústria 4.0 i resultats empresarials a Espanya: un primer escaneig

**Joan Torrent-Sellens**

Catedràtic d'economia als Estudis d'Economia i Empresa (UOC)

**RESUM** Aquest article analitza la relació entre els usos de les tecnologies de la indústria 4.0 (I4.0), la generació de valor i els resultats empresarials. A partir d'una mostra de 1.525 empreses industrials espanyoles per al 2014, s'identifiquen els usos de quatre tecnologies bàsiques de la I4.0: 1) disseny industrial assistit per computadora (CAD); 2) robòtica; 3) sistemes flexibles de producció, i 4) maquinària i software de control numèric de l'activitat, es construeix un indicador additiu i s'estudia l'associació estadística amb la generació de valor i els resultats de l'empresa. La investigació ha obtingut tres resultats principals. En primer lloc, cal destacar la seva incipiència. Un 72,5% d'empreses industrials espanyoles o bé no utilitza o bé utilitza molt moderadament les tecnologies de la I4.0. Tot i amb això i en segon lloc, cal assenyalar que els usos d'aquestes tecnologies s'associen amb un procés de generació de valor de l'empresa industrial més intensiu en R+D i capital humà, més innovador, més digital i més sostenible. I, en tercer lloc, la investigació també conclou que les empreses amb uns usos més intensius de les tecnologies I4.0 presenten millors resultats en termes de vendes, valor afegit, exportacions i marge brut d'explotació. Especialment rellevants són els resultats de la productivitat i del treball. Les empreses industrials intensives en usos de les tecnologies I4.0 són un 30% més eficients que les empreses que no usen aquestes tecnologies. També són capaces d'ocupar un nombre molt més alt de treballadors (el doble de la mitjana industrial) i de retribuir-los molt millor (12,4% per sobre de la mitjana industrial). Finalment, a l'article també es discuteix el paper que la I4.0 podria acomplir com a nova tecnologia de propòsit general.

**PARAULES CLAU** indústria 4.0; digitalització; robòtica; manufactura intel·ligent; empresa industrial; productivitat; Espanya

## *Industry 4.0 and firm performance in Spain: a first scan*

**ABSTRACT** *This article analyses the relationship between the uses of Industry 4.0 technologies (I4.0), the value generation and firm results. Based on a sample of 1,525 Spanish industrial firms for 2014, the uses of four basic I4.0 technologies are identified: 1) computer-aided industrial design (CAD); 2) robotics; 3) flexible production systems; and 4) the activity's numerical control machinery and software, an additional indicator is constructed and the statistical association with the value*



*generation and firm results are studied. The research has obtained three main results. First of all, it is worth noting its incipience. 72.5% of Spanish industrial firms either do not use or use very moderately the I4.0 technologies. Despite of this and secondly, it should be noted that the uses of these technologies are associated with a value generating process in industrial firms which is more intensive in R&D and human capital, more innovative, more digital and more sustainable. And, thirdly, the research also concludes that firms with more intensive uses of I4.0 technologies have better results in terms of sales, value added, exports and gross operating margin. Productivity and employment results are especially relevant. I4.0 intensive industrial firms are 30% more efficient than firms that do not use these technologies. They are also able to take on a much larger number of employees (twice the industrial average) and to pay them much better (12.4% above the industrial average). Finally, the article also discusses the role that I4.0 could play as a new general purpose technology.*

**KEYWORDS** *industry 4.0; digitisation, robotics; smart manufacturing; industrial firm; productivity; Spain*

## Introducció

Habitualment, des de l'economia entenem la tecnologia com el fons social de coneixement sobre les arts industrials. És a dir, tot aquell conjunt de sabers, no només els científics i tecnològics (saber-què i saber-perquè), particularment les habilitats dels agents econòmics i les organitzacions (saber-com i saber-qui), que incideixen sobre l'activitat econòmica. Per tant, ens aproximem a la tecnologia a partir del coneixement que genera tot aquell conjunt d'instruments, màquines o tècniques per a l'acció instrumental (Torrent-Sellens, 2004). Les tecnologies de propòsit o d'utilitat general (*general purpose technologies*, GPT) són unes famílies de saber aplicat d'ordre superior en el sentit que deriven aplicacions tecnològiques més específiques i d'ordre inferior. Per exemple, les tecnologies vinculades amb la màquina de vapor, l'electricitat, el motor de combustió interna o l'ordinador es consideren tecnologies d'utilitat general, perquè a través de la seva capacitat de connexió (plataforma) amb altres tecnologies configuren processos de convergència tecnològica, innovacions derivades, complementarietats amb altres actius econòmics, per exemple amb la inversió en intangibles, i, finalment, nous models de negoci, noves fonts d'eficiència i noves palanques de creixement econòmic (Bodrozic i Adler, 2018).

A partir de la investigació sobre les revolucions industrials, és a dir, el conjunt de canvis disruptius a la tecnologia (tecnologies d'utilitat general) i a l'estructura econòmica (paradigmes tecnoeconòmics o cicles econòmics de llarga durada) que s'interconnecten amb canvis socials i cultural de primer ordre, els economistes hem extret una lliçó significativa. En cadascuna de les tres revolucions industrials que s'han evidenciat fins al moment, un factor o un conjunt de factors productius es consoliden com a fonts del creixement econòmic, el canvi competencial del treball i l'estructura social. Aquests factors no són mai la tecnologia sobre la qual se sustenta el canvi econòmic. Per exemple, a la primera revolució industrial la irrupció de la màquina de vapor va consolidar el procés de substitució dels instruments per les màquines, l'aparició del treball fabril i dels treballadors industrials urbans. A la segona revolució industrial, l'electricitat i el motor de combustió interna van incentivar la incorporació del coneixement científic a la indústria, l'organització científica, l'atomització i l'alineació del treball, així com els mètodes de producció en massa. A la tercera revolució industrial, els avenços de les tecnologies de la informació i la comunicació (TIC), de l'Internet no interactiu i del comerç electrònic van configurar l'era de la informació i del coneixement. En tots tres casos la tecnologia va determinar millores d'eficiència (productivitat total dels factors) i, fins i tot, l'aparició de nous sectors d'activitat. Però l'efecte multiplicador, la generació de nous factors de productivitat, s'assoleix quan els béns i serveis generats per la nova onada tecnològica són emprats per la resta d'activitats econòmiques i interaccionen amb els factors productius, els models de negoci, les estructures de mercat i l'organització de l'economia.

Durant els últims anys, i sobre les transformacions vinculades amb la tercera revolució industrial, una nova onada de canvi tecnològic digital i disruptiu ha tornat a generar transformacions importants sobre el comportament, l'estructura i els resultats dels agents econòmics, dels models de negoci i dels mercats (Trajtenberg, 2018). La robòtica, la intel·ligència artificial (IA), l'aprenentatge de les màquines, l'aprenentatge profund, la computació al núvol, les grans dades, la impressió 3D, la Internet de les coses, els mitjans i les xarxes de comunicació social i les plataformes col·laboratives, entre altres, sembla que es configuraran com una nova base tecnològica convergent de propòsit general i que definiran noves fonts agregades de productivitat i creixement econòmic (Torrent-Sellens i Díaz-Chao, 2018). A les portes de la quarta revolució industrial, la nova onada tecnològica també impulsa transformacions valuoses a l'activitat industrial. A continuació, les revisarem.

## 1. Indústria 4.0: definició, components i implicacions

La indústria 4.0 (en endavant, I4.0) és un constructe multidimensional i en constant evolució emprat per definir l'actual procés de transformació digital dels sistemes manufacturadors de producció, que evolucionen cap a processos més flexibles i cap a una presa de decisions estratègiques i operatives basades en l'anàlisi de dades massives en temps real (Porter i Heppelmann, 2014; Xu *et al.*, 2018). La I4.0 té una base tecnològica que interacciona amb els sistemes de producció i d'organització del treball. En funció de la rellevància d'aquestes dimensions, la investigació econòmica n'ha fet diverses aproximacions. Des del punt de vista tecnològic, s'ha assenyalat que la I4.0 integra elements físics tradicionals (com màquines o dispositius de producció) i elements digitals (com sensors i softwares en xarxa), amb l'objectiu de generar dades que permetin una gestió empresarial més eficient. De fet, aquestes complementarietats entre els entorns físics i virtuals sobrepassen l'àmbit tecnològic, i s'estenen cap al conjunt dels elements de valor i les forces competitives de l'activitat industrial. Així, altres visions s'aproximen a la I4.0 com un nou model d'organització i de gestió de la cadena de valor durant el cicle de vida dels productes o, fins i tot, com un concepte col·lectiu que aglutina noves tecnologies digitals i noves formes d'organització de la cadena de valor. Considerant les seves complementarietats tecnològiques, estratègiques, organitzatives i de producció, la I4.0 es pot interpretar com «un procés de fabricació integrat, adaptat, optimitzat, orientat al servei i interoperable que es correlaciona amb algorismes, grans dades i tecnologies elevades» (Lu, 2018, pàg. 3).

La I4.0 té un fonament, una base material, tecnològica. Es basa en la utilització de les tecnologies digitals, especialment les de segona onada, com la Internet de les coses (Internet of Things, IoT), la Internet dels serveis (Internet of Services, IoS), la computació al núvol (*cloud computing*), les xarxes inalàmbriques de sensors o les grans dades (*big data*) per recopilar dades en temps real i analitzar-les amb l'objectiu de generar informació útil i millorar l'eficiència dels sistemes de fabricació (Wang *et al.*, 2016). Aquesta recopilació i anàlisi de dades massives permet la creació de sistemes ciberfísics (*cyber-physical system*, CPS), que consoliden la tendència de terciarització de l'activitat industrial (*services to manufacturing*) i evolucionen tecnològicament els sistemes integrats de producció. Els CPS són «sistemes d'entitats computacionals col·laboratives que estan en connexió intensiva amb l'entorn físic immediat i els seus processos de producció, i que, al mateix temps, proporcionen i utilitzen serveis d'accés i processament de dades disponibles a Internet» (Monostori *et al.*, 2016). Per exemple, els controladors de sensors o de màquines de control numèric que intercanvien dades massives a partir de terminals informàtics integrats, aplicacions inalàmbriques o computació al núvol. A través dels sistemes CPS les empreses poden: 1) fer convergir els seus entorns físics i virtuals; 2) millorar la planificació, anàlisi, modelització, disseny, implantació i manteniment del procés de fabricació, i 3) augmentar la productivitat, fomentar el creixement, modificar el rendiment de la força de treball i produir béns de més qualitat amb menys costos a través de la recopilació i anàlisi massiva de dades.

Però, com que els CPS: 1) combinen dades i informació amb productes i factors físics de producció; 2) monitoritzen i creen una còpia virtual del món físic, i 3) integren la fàbrica amb tot el cicle de vida del producte i amb les activitats de les cadenes de subministrament, les implicacions per al canvi en les formes d'organització del treball són evidents. Les possibilitats per a la presa autònoma i descentralitzada de decisions, la comunicació i la cooperació entre les tecnologies de l'automatització i les persones en temps real i la creixent transició des dels

productes cap als serveis per part de tots els agents que participen en les xarxes de creació de valor demanen noves formes d'organitzar el treball. La I4.0 també suposa importants modificacions en el paper de les persones dins dels sistemes de producció. Les tasques del treball a les noves xarxes de valor es realitzen amb enfoc de treball intel·ligent (*smart work*) (Longo *et al.*, 2017). Així doncs, les formes tecnològiques i el treball intel·ligent de la I4.0 reconfiguren els sistemes integrats de producció, que també evolucionen i encaixen amb la idea de la manufactura avançada o la fàbrica intel·ligent (*smart manufacturing*): un nou sistema adaptable on les línies flexibles ajusten automàticament els processos de producció per a múltiples tipus de productes i condicions canviants, cosa que millora la qualitat, productivitat, flexibilitat i ajuda a aconseguir productes personalitzats a gran escala i de manera sostenible amb menys consum de recursos (Dalenogare *et al.*, 2018; De Sousa-Jabbour *et al.*, 2018).

Com no podria ser d'altra manera, la utilització de tecnologies, treball i producció intel·ligent acaba per configurar una darrera dimensió de la I4.0: la dels productes finals intel·ligents (*smart products*). A través de la utilització combinada de les tecnologies i dels mètodes de producció i treball 4.0, poden proporcionar informació sobre el desenvolupament de nous productes/serveis, noves solucions per als clients o noves oportunitats per als proveïdors de serveis (Porter i Heppelmann, 2015). De la mateixa manera, la integració intel·ligent de tota la cadena de valor (*smart supply chain*), des dels subministraments fins als distribuïdors i clients finals, permet a les empreses de la I4.0 la combinació de recursos i la fabricació col·laborativa en el sentit de compartir recursos en plataformes industrials, centrar-se en les seves competències bàsiques i desenvolupar productes/serveis complementaris amb més valor afegit (Zhong *et al.*, 2017; Tao *et al.*, 2018).

Finalment, també cal esmentar la dimensió política de la I4.0. La idea de la I4.0 va ser presentada per primera vegada a la Fira de Hannover el 2011. El 2013 es va convertir en una iniciativa estratègica del govern alemany (*Industrie 4.0*), que, en col·laboració amb universitats i empreses, desenvolupa un pla de sistemes avançats de producció (High-Tech Strategy 2020), amb l'objectiu d'augmentar la productivitat, l'eficiència i la sostenibilitat de la indústria nacional (Kagermann *et al.*, 2013). Ben aviat, també han estat desenvolupats plans similars en altres països, com les iniciatives Advanced Manufacturing Partnership als EUA, Made in China 2025 a la Xina, la Nouvelle France Industrielle a França o Rumo à Indústria 4.0 al Brasil. Encara és d'hora per a una avaluació efectiva dels resultats d'aquests programes, però ofereixen un senyal clar de la importància estratègica que hi ha des de la política pública a la I4.0. Tots aquests programes tenen com a propòsit incentivar l'ús de les tecnologies i dels sistemes de producció i treball 4.0, com a punt de partida per a la transformació i la renaixença industrial de les seves economies respectives. L'objectiu que es busca és clar: recuperar el pes de la indústria com a motor econòmic, font d'eficiència i creadora de llocs de treball d'elevada qualitat.

## 2. Tecnologies I4.0 i resultats empresarials: estat de l'art

Acabem de constatar que la I4.0 es pot identificar a través de quatre pilars fonamentals: les tecnologies de la segona onada digital, les xarxes de valor i la manufactura intel·ligent, el treball intel·ligent i els productes intel·ligents (Frank *et al.* 2019). A partir d'aquests quatre pilars, a continuació s'avaluarà la relació entre alguns usos de la I4.0 i els resultats de l'empresa industrial a Espanya. Com a punt de partida cal destacar que la investigació en aquest sentit és més aviat escassa. Ja hem destacat que les tecnologies de la I4.0 són capaces de generar una àmplia gamma de beneficis per a la indústria, que van des de la fabricació additiva, la producció flexible i els productes personalitzats (Brettel *et al.*, 2014; Weller *et al.*, 2015), el suport i l'adaptació constant de la presa de decisions (Schuh *et al.*, 2017) o l'eficiència en la gestió de recursos, especialment els energètics (Jeschke *et al.*, 2017) fins als nous models de negoci més col·laboratius derivats de la integració horitzontal i les xarxes de col·laboració (Wei *et al.*, 2017).

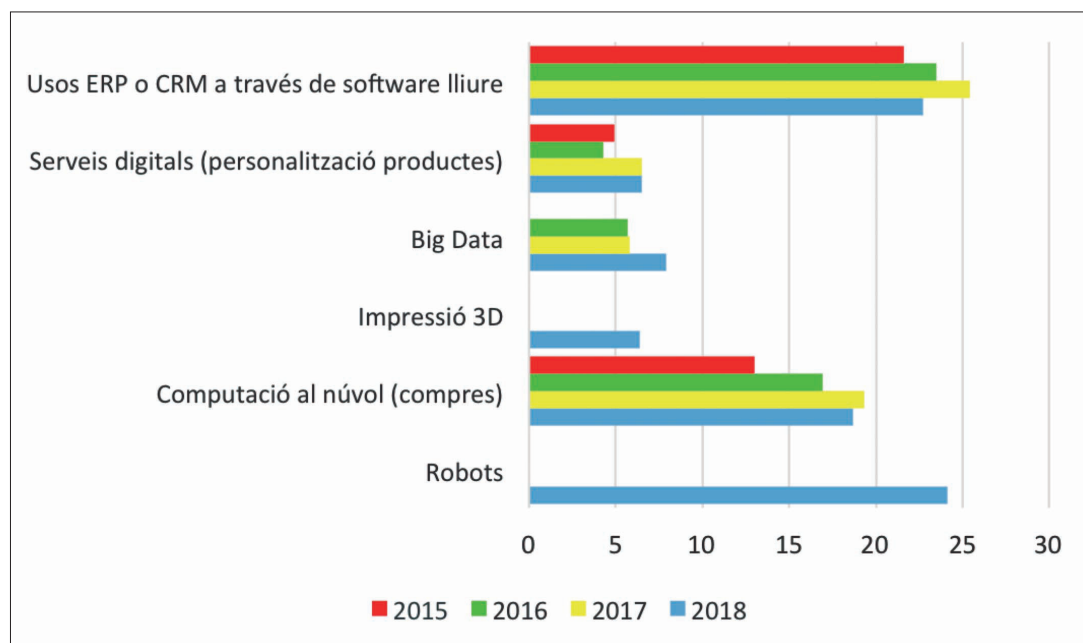
Tanmateix, la majoria de l'evidència disponible està més relacionada amb la investigació de com les tecnologies de la I4.0 modifiquen el procés empresarial de generació de valor que no pas amb l'estudi dels efectes sobre els resultats de les empreses. Bàsicament, això és així per dues raons. En primer lloc, per la manca d'informació estadística completa sobre els usos empresarials del conjunt de les tecnologies de la I4.0. I, en segon lloc, perquè, com ja s'ha demostrat en altres onades del canvi tecnològic digital, l'anàlisi dels efectes sobre els resultats

empresarials de les tecnologies industrials 4.0 també ha de tenir en compte les relacions de complementarietat que s'estableixen amb altres actius de l'empresa, especialment amb el capital humà i les estructures d'organització del treball (Díaz-Chao *et al.*, 2015). En altres paraules, una anàlisi completa dels efectes de la I4.0 sobre els resultats empresarials hauria d'identificar i considerar els seus quatre pilars: tecnologia, manufactura i xarxes, treball i productes intel·ligents.

Des d'aquesta perspectiva, una investigació pionera (Müller *et al.*, 2018), emprant una mostra internacional de 814 grans empreses que han usat tecnologies de big data i d'anàlisi de dades massives en el període 2008-2014, obté que els usos d'aquestes tecnologies s'associen amb millores de productivitat situades entre un 3% i un 7%. Al mateix temps, també es conclou que la intensitat tecnològica i la capacitat competitiva del subsector d'activitat industrial reforça la capacitat de l'empresa per millorar la productivitat a través dels actius vinculats amb aquestes tecnologies 4.0. De fet, fora dels sectors intensius en tecnologia o amb una elevada pressió competitiva, els efectes de les tecnologies de big data i anàlisi de dades massives sobre la productivitat no són significatius.

Ampliant el nombre de tecnologies 4.0 i l'abast dels resultats, una altra investigació recent (Dalenogare *et al.*, 2018), contrastada per una àmplia mostra de 2.225 empreses industrials al Brasil durant el 2016, obté dades valoratives, identifica els usos d'un conjunt de 9 tecnologies 4.0: 1) disseny i manufactura assistida per ordinadors (CAD/CAM); 2) sistemes integrats d'enginyeria; 3) automatització digital, IoT i sensors; 4) línies de manufactura flexible; 5) sistemes digitals de control de la producció, tipus ERP o MES (*manufacturing execution system*); 6) grans dades (*big data*); 7) productes/serveis digitals; 8) manufactura additiva i 3D, i 9) serveis de computació al núvol (*cloud*), i obté tres factors de beneficis esperats: 1) per als productes: personalització, qualitat i reducció del temps de llançament); 2) per a les operacions: costos operatius, productivitat i visualització i control, i 3) efectes col·laterals o secundaris: sostenibilitat i satisfacció dels treballadors. Els resultats de l'anàlisi predictiva són mixtos. Si ens referim als beneficis operatius, els sistemes CAD/CAM, l'automatització digital i les grans dades predirien efectes operatius positius, mentre que la manufactura additiva prediria efectes negatius. La resta de tecnologies no predirien beneficis operatius esperats.

**Figura 1. Usos de les tecnologies de la I4.0 a Espanya. 2015-2018 (percentatges d'empreses industrials de més de 10 treballadors que usen tecnologies I4.0. Dades del primer trimestre de cada any)**



Font: Elaboració pròpia a partir de dades de l'INE.

A Espanya, l'*Encuesta sobre el uso de TIC y comercio electrónico en las empresas*, elaborada per l'INE, proporciona informació estadística representativa sobre alguns dels usos de les tecnologies de la I4.0 (figura 1). A principis del 2018, cap de les tecnologies de la I4.0 identificades no arribava a ser utilitzada per més d'una quarta part del teixit industrial, configurat per empreses de més de 10 treballadors. Només la robòtica (24,1%), els sistemes digitals de gestió de l'activitat (ERP o CRM a través de software lliure) (22,7%) i els usos (compres de programari) de la computació al núvol (18,7%) s'acostaven a aquest registre. En canvi, l'anàlisi de les grans dades (7,9% d'empreses industrials), els serveis web de personalització de productes intel·ligents per part dels clients (6,5%) i la impressió 3D (6,4%) tenien una presència molt minoritària.

### 3. Intensitat d'ús de les tecnologies I4.0 i resultats empresarials a Espanya: primera evidència

Més enllà del seu valor descriptiu, les dades anteriors no ens permeten estudiar la relació entre els usos d'aquestes tecnologies i els resultats de l'empresa industrial a Espanya. Amb la intenció d'aportar una primera evidència en aquest sentit, s'utilitzarà una font d'informació alternativa: l'*Encuesta sobre Estrategias Empresariales (ESEE)*. L'ESEE és una enquesta anual feta a una mostra d'unes 1.800 empreses industrials espanyoles que elabora la Fundació SEPI, integrada dins del Ministeri d'Hisenda del Govern d'Espanya. El qüestionari proporciona informació detallada sobre les empreses industrials, especialment per als àmbits de la presa de decisions estratègiques (preus, costos, mercats i inversions), i de la generació interna de valor (estructura empresarial, capital humà, organització, innovació, R+D i usos TIC). A més, també aporta informació econòmica i financera dels principals indicadors i ràtios del balanç de situació i del compte de pèrdues i guanys. L'enquesta aporta dades anuals per al període 1990-2016 (últim any disponible) i segmenta la informació aportada per dimensió: empreses grans (més de 200 treballadors) i PIMES (empreses de 10 a 200 treballadors), i per 20 subsectors d'activitat industrial. Així doncs, es tracta d'una operació estadística, que aporta informació representativa i de llarg termini sobre l'estratègia, la generació de valor i els resultats econòmics i financers de l'empresa industrial, cosa que li confereix una gran utilitat per a l'anàlisi del conjunt de factors explicatius de la dinàmica dels resultats empresarials (Torrent-Sellens, 2018b).

Abans de la presentació de resultats, s'han de fer algunes consideracions prèvies. En primer lloc, cal informar que la investigació preveu una mostra de 1.525 empreses industrials espanyoles per a l'any 2014. En segon lloc, l'anàlisi es realitza per a l'any 2014 perquè la informació sobre les tecnologies analitzades s'obté cada quatre anys i el 2014 és l'últim any amb dades disponibles. En tercer lloc, cal fer constar que en aquest primer escaneig es presentarà una anàlisi de comparació de mitjanes (*crosstabs*) entre un indicador additiu de tecnologies de la I4.0 i alguns dels principals resultats de l'empresa industrial. L'objectiu és determinar l'associació estadística entre aquest indicador i els resultats empresarials, que no designa necessàriament capacitat predictiva, però que sí que infereix vinculació estadística, a més d'aportar un valor descriptiu dels indicadors analitzats. I, en quart lloc, i amb l'objectiu de proporcionar informació sobre la intensitat d'ús i que vagi més enllà dels valors dicotòmics de la informació inicial, cal assenyalar que he construït un indicador additiu sobre els usos de quatre tecnologies de la I4.0: 1) usos de CAD, 2) usos de robòtica, 3) usos de sistemes flexibles de producció i 4) usos de maquinari i software de control numèric de l'activitat. Aquestes quatre variables d'entrada prenen dos valors: 0, no utilització, i 1, utilització. La construcció de l'indicador additiu ens determina, doncs, una variable discreta que pren cinc valors (0 a 4). Tot i amb això, i amb l'objectiu de fer més llegibles els resultats, l'indicador inicial s'ha recodificat en tres valors: 0, no utilització de cap tecnologia; 1, utilització baixa: usos d'1 o 2 tecnologies 4.0, i utilització intensiva: usos de 3 o 4 tecnologies 4.0. Les freqüències obtingudes ens determinen que un 29,0% de les empreses industrials no utilitza cap tecnologia de la I4.0, que un 43,5% en fa una utilització baixa (usa 1 o 2 tecnologies 4.0) i que el 27,5% restant d'empreses en fa una utilització intensiva (usa 3 o 4 tecnologies 4.0). Per bé que fins a l'edició de l'ESEE del 2018 no es disposarà d'informació sobre altres tecnologies més pròpies de la I4.0, com la computació al núvol, el *big data* o IoT, les freqüències obtingudes ens assenyalen una utilització mitjana baixa de les tecnologies I4.0: un 72,5% d'empreses industrials a Espanya o bé no utilitza o bé utilitza molt moderadament les tecnologies identificades de la I4.0.



**Taula 1. Intensitat d'ús de les tecnologies I4.0, generació de valor i resultats de l'empresa industrial a Espanya. 2014**

Variable/indicador	No I4.0	Ús baix	Ús intensiu	Total
<b>Resultats de l'empresa</b>				
Vendes (milers d'euros)	26.783	49.073	150.799	70.628***
Valor afegit (milers d'euros)	4.934	11.116	28.416	14.089***
Exportacions (milers d'euros)	14.069	19.494	91.687	37.781***
Marge brut d'explotació (%)	4,1	4,3	7,2	5,1*
<b>Generació de valor</b>				
Despesa R+D (milers d'euros)	147,1	661,0	2.121,3	910,9***
Treballadors R+D (% sobre total treballadors)	1,0	5,4	12,3	6,0**
Despesa externa formació per treb. (euros)	73,5	96,4	139,2	101,6***
Inversió protecció mediambiental (% empreses)	3,5	9,3	<b>10,4</b>	23,3***
Despesa protecció mediambiental (% empreses)	10,6	<b>26,7</b>	<b>21,0</b>	58,3***
<b>Tecnologia (% empreses)</b>				
Direcció o comitè tecnologia (% empreses)	3,5	9,8	<b>9,9</b>	23,1***
Assessors tecnològics (% empreses)	3,0	7,5	<b>8,3</b>	18,8***
Avaluació tecnologies alternatives (% empreses)	3,1	9,7	<b>10,6</b>	23,3***
Serveis programació informàtica (% empreses)	23,0	38,9	<b>26,4</b>	88,3***
<b>Innovació (% empreses)</b>				
Innovació producte (% empreses)	3,0	7,5	<b>6,1</b>	16,5***
Innovació procés (% empreses)	6,2	14,6	<b>13,9</b>	34,7***
Innovació organitzativa (% empreses)	3,9	8,9	<b>8,1</b>	20,8***
Innovació en comercialització (% empreses)	4,7	8,6	<b>6,2</b>	19,4**
<b>Digitalització (% empreses)</b>				
Compres digitals proveïdors (% empreses)	8,1	17,0	<b>14,4</b>	39,5***
Vendes digitals empreses (% empreses)	2,4	4,2	<b>3,9</b>	10,5**
<b>Productivitat i treball</b>				
Productivitat (milers d'euros per treballador)	44,1	58,8	63,1	55,7**
Productivitat (euros per hora treballada)	25,2	33,8	36,4	32,0**
Treballadors (nombre)	71,3	158,4	361,9	189,2***
Costos laborals per treballador (euros)	30.736	36.439	41.200	36.097***
N (empreses)	442	663	420	1.525
% (empreses)	29,0	43,5	27,5	100,0

Anàlisi d'associació estadística: comparació de mitjanes (crosstabs). \* p < 0.1; \*\* p < 0.05, \*\*\* p < 0.01.

En negreta, els percentatges d'empreses superiors als esperats usant una distribució normal: residus estandarditzats corregits amb valors  $\geq 1.9$ .

Font: Elaboració pròpia a partir de dades de l'ESEE.

Tot i amb això, sí que es pot assenyalar que la intensitat d'ús de les tecnologies I4.0, entesa com un nombre superior d'usos de les quatre tecnologies identificades, s'associa amb un procés de generació de valor més intensiu en coneixement i capital humà, més innovador, més digitalitzat i més sostenible. I, molt probablement en consonància amb això, amb uns resultats empresarials clarament més positius (taula 1). Si comencem pel procés de generació de valor, les empreses amb uns usos més intensius de les tecnologies I4.0 es caracteritzen per una despesa en R+D (2,1 milions d'euros de mitjana), un percentatge de treballadors en R+D (12,3%) i una despesa externa en formació per treballador (139,2 euros) molt superiors als altres dos estadis d'ús. De la mateixa ma-

nera, aquestes empreses també destaquen per uns usos molt més intensius de la tecnologia: presència d'una direcció o comitè de tecnologia (9,9% del total d'empreses), utilització d'assessors tecnològics (8,3%) i avaluació de tecnologies alternatives (10,6%). Les empreses més intensives en la utilització de les tecnologies I4.0 també destaquen per una propensió més gran a la innovació: producte (6,1%), procés (13,9%), organització (8,1%) i comercialització (6,2%), i per una profunditat superior dels usos del comerç electrònic: compres digitals als proveïdors (14,4%) i vendes digitals a empreses (3,9%). Finalment, els usos més intensius de les tecnologies I4.0 també s'associen amb un procés de generació de valor més net, ja que també s'obté una presència significativament més elevada que als altres estadis d'ús de la inversió (10,6%) i la despesa (21,0%) en protecció mediambiental.

Probablement, i en consonància amb aquest procés de generació de valor més intensiu en tecnologia, capital humà, innovació i digitalització, els resultats de les empreses més intensives en els usos de les tecnologies I4.0 també són clarament superiors. En efecte, les empreses amb usos tecnològics de la I4.0 més intensius es caracteritzen per un volum de vendes (150,8 milions d'euros), de valor afegit (28,4 milions d'euros) i d'exportacions (91,7 milions d'euros) que, almenys, dupliquen la mitjana del conjunt de l'empresa industrial. De la mateixa manera, el marge brut d'explotació se situa més de dos punts per sobre de la mitjana sectorial (7,2% davant del 5,1%, respectivament). Per acabar, cal assenyalar que l'empresa industrial intensiva en usos de les tecnologies I4.0 és un 30% més eficient (productivitat per treballador o per hora treballada) que les empreses que no usen aquestes tecnologies: 63,1 mil euros per treballador o 36,4 euros per hora treballada). De la mateixa manera, també és capaç d'ocupar un nombre molt més alt de treballadors (361,9 treballadors de mitjana, gairebé el doble de la mitjana industrial) i de retribuir-los molt millor (41,2 mil euros de cost laboral per treballador, un 12,4% per sobre de la mitjana industrial).

## Conclusió: I4.0, cap a una nova base tecnològica de propòsit general a la indústria?

Acabem de constatar que uns usos superiors de les tecnologies de la I4.0 s'associen amb un procés de generació de valor de l'empresa industrial més intensiu en R+D i capital humà, més innovador i més sostenible. Probablement, les relacions de complementarietat establertes entre la I4.0 i la resta de dimensions tecnològiques i basades en el coneixement de l'empresa determinaran uns millors resultats en termes de vendes, valor afegit, exportacions, marge brut d'explotació, productivitat, treball o salaris. Però l'anàlisi efectuada només ens permet situar els resultats obtinguts en el terreny de l'associació estadística. Malauradament, la no disposició de dades sobre altres tecnologies 4.0 clau, com el *big data*, el *cloud computing* i l'IoT i la manca d'una sèrie temporal de dades ens ha impedit anar més enllà. També és probable que, en l'explicació de la implantació i els usos d'aquestes tecnologies, hi hagi efectes de dimensió i sector, de manera que també siguin importants en la determinació dels resultats empresarials de la I4.0. Malgrat això, de l'anàlisi efectuada sí que en podem deduir que, a pesar de la seva incipiència, les tecnologies I4.0 manifesten propietats de plataforma tecnològica, en el sentit que es connecten amb la resta de la base tecnològica i innovadora de les empreses. En la mesura que siguin capaces de generar més relacions de complementarietat amb altres dimensions i actius de l'empresa, i determinar noves fonts d'eficiència, les tecnologies de la I4.0 es podrien acabar consolidant com una nova base tecnològica de propòsit general.

## Bibliografia

- BODROZIC, A.; ADLER, P.S. (2018). «The evolution of management models: A neo-Schumpeterian theory». *Administrative Science Quarterly*. Vol. 63, núm. 1, pàg. 85-129. <https://doi.org/10.1177/0001839217704811>
- BRETTEL, M.; FRIEDERICHSEN, N.; KELLER, M.; ROSENBERG, M. (2014). «How virtualization, decentralization and network building change the manufacturing landscape: An Industry 4.0 perspective». *International Journal of Mechanical, Industrial Science and Engineering*. Vol. 8, núm. 1, pàg. 37-44.
- DALENOGARE, L.S.; BENITEZ, G.B.; AYALA, N.F.; FRANK, A.G. (2018). «The expected contribution of Industry 4.0 technologies for industrial performance». *International Journal of Production Economics*. Núm. 204, pàg. 383-398. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2018.08.019>
- DE SOUSA-JABBOUR, A.B.L.; JABBOUR, C.J.C.; FOROPON, C.; GODINHO-FILHO, M. (2018). «When titans meet-Can industry 4.0 revolutionise the environmentally-sustainable manufacturing wave?». *Technological Forecasting & Social Change*. Núm. 132, pàg. 18-25. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2018.01.017>
- DÍAZ-CHAO, A.; SAINZ-GONZÁLEZ, J.; TORRENT-SELLENS, J. (2015). «ICT, innovation and firm productivity: New evidence from small local firms». *Journal of Business Research*. Vol. 68, núm. 7, pàg. 1439-1444. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2015.01.030>
- FRANK, A.G.; DALENOGARE, L.S.; AYALA, N.F. (2019). «Industry 4.0 technologies: Implementation patterns in manufacturing». *International Journal of Production Economics*. Núm. 210, pàg. 15-26. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2019.01.004>
- JESCHKE S.; BRECHER C.; MEISEN, T.; ÖZDEMİR, D.; ESCHERT, T. (2017). «Industrial Internet of Things and Cyber Manufacturing Systems». A: JESCHKE, S.; BRECHER, C.; SONG, H.; RAWAT, D. (ed.). *Industrial Internet of Things*. Cham: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-42559-7>
- KAGERMANN, H.; WAHLSTER, W.; HELBIG, J. (2013). *Recommendations for implementing the strategic initiative Industrie 4.0: Securing the future of German manufacturing industry. Final report of the Industrie 4.0 Working Group*. Acatech: Forschungsunion.
- LONGO, F.; NICOLETTI, L.; PADOVANO, A. (2017). «Smart operators in industry 4.0: A human-centered approach to enhance operators' capabilities and competencies within the new smart factory context». *Computers & Industrial Engineering*. Núm. 113, pàg. 144-159. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2017.09.016>
- LU, Y. (2017). «Industry 4.0: A survey on technologies, applications and open research issues». *Journal of Industrial Information Integration*. Vol. 6, pàg. 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.jii.2017.04.005>
- MONOSTORI, L.; KÁDÁR, B.; BAUERNHANSL, T.; KONDOH, S.; KUMARA, S.; REINHART, G.; SAUER, O.; SCHUH, G.; SIHN, W.; UEDA, K. (2016). «Cyber-physical systems in manufacturing». *CIRP Annals Manufacturing Technology*. Vol. 65, núm. 2, pàg. 621-641. <https://doi.org/10.1016/j.cirp.2016.06.005>
- MÜLLER, O.; FAY, M.; VOM BROCKE, J. (2018). «The effect of big data and analytics on firm performance: An econometric analysis considering industry characteristics». *Journal of Management Information Systems*. Vol. 35, núm. 2, pàg. 488-509. <https://doi.org/10.1080/07421222.2018.1451955>
- PORTER, M.E.; HEPPELMAN, J.E. (2014). «How smart, connected products are transforming competition». *Harvard Business Review*. Vol. 92, núm. 11, pàg. 64-88.
- PORTER, M.E.; HEPPELMAN, J.E. (2014). «How smart, connected products are transforming competition». *Harvard Business Review*. Vol. 93, núm. 10, pàg. 96-114.
- SCHUH, G.; ANDERL, R.; GAUSEMEIER, J.; TEN HOMPEL, M.; WAHLSTER, W. (2017). *Industrie 4.0 Maturity Index. Managing the digital transformation of companies*. Munic: Acatech.
- TAO, F.; CHENG, J.; QI, Q.; ZHANG, M.; ZHANG, H.; SUI, F. (2018). «Digital twin-driven product design, manufacturing and service with big data». *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. Vol. 9, núm. 9/12, pàg. 3563-3576. <https://doi.org/10.1007/s00170-017-0233-1>
- TORRENT-SELLENS, J. (2004). *Innovació tecnològica, creixement econòmic i economia del coneixement*. Barcelona: Consell de Treball, Econòmic i Social de Catalunya (CTESC), Generalitat de Catalunya.



- TORRENT-SELLENS, J. (2018). *Las empresas industriales en 2016. Encuesta sobre Estrategias Empresariales (ESEE). Robótica, productividad y empleo en la empresa industrial*. Madrid: Ministerio de Hacienda, Gobierno de España.
- TORRENT-SELLENS, J.; DÍAZ-CHAO, A. (2018). «Coneixement, robòtica i productivitat a la PIME industrial catalana: evidència empírica multidimensional». A: FERRÀS, X.; ALCOBA, O.; TORRENT-SELLENS, J. (coord.). *Transformació digital i intel·ligència artificial*. Barcelona: Col·legi d'Economistes de Catalunya (pàg. 91-126).
- TRAJTENBERG, M. (2018). «AI as the next GPT: A political-economy perspective». *National Bureau of Economic Research (NBER) Working Paper*. Núm. 24245. <https://doi.org/10.3386/w24245>
- WANG, S.; WAN, J.; LI, D.; ZHANG, C. (2016). «Implementing smart factory of industry 4.0: An outlook». *International Journal of Distributed Sensor Networks*. Vol. 12, núm. 1, pàg. 1-10. <https://doi.org/10.1155/2016/3159805>
- WEI, Z.; SONG, X.; WANG, D. (2017). «Manufacturing flexibility business model design, and firm performance». *International Journal of Production Economics*. Núm. 193, pàg. 87-97. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2017.07.004>
- WELLER, C., KLEER, R., PILLER, F.T. (2015). «Economic implications of 3D printing: market structure models in light of additive manufacturing revisited». *International Journal of Production Economics*. Núm. 164, pàg. 43-56. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2015.02.020>
- XU, L.D.; XU, E.L.; LI, L. (2018). «Industry 4.0: State of the art and future trends». *International Journal of Production Research*. Vol. 56, núm. 8, pàg. 2941-2962. <https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1444806>
- ZHONG, R.Y.; XU, X.; KLOTZ, E.; NEWMAN, S.T. (2017). «Intelligent manufacturing in the context of Industry 4.0: A review». *Engineering*. Vol. 3, núm. 5, pàg. 616-630. <https://doi.org/10.1016/J.ENG.2017.05.015>

---

**Citació recomanada:** TORRENT-SELLENS, Joan. *Indústria 4.0 i resultats empresarials a Espanya: un primer escaneig*. *Oikonomics* [en línia]. Novembre 2019, n. 12, pp. 1-10. ISSN: 2339-9546. DOI: <https://doi.org/10.7238/o.n12.1910>

---



**Joan Torrent-Sellens**

[jtorrent@uoc.edu](mailto:jtorrent@uoc.edu)

**Estudis d'Economia i Empresa, Universitat Oberta de Catalunya (UOC)**

Catedràtic d'Economia als Estudis d'Economia i Empresa de la Universitat Oberta de Catalunya (UOC). Director del grup d'investigació interdisciplinària sobre les TIC i2TIC (<http://i2TIC.net>). Especialista en l'anàlisi econòmica de la transformació digital i l'economia del coneixement, temàtica sobre la qual ha publicat 40 llibres i capítols de llibre i 90 articles en revistes d'investigació indexades.

Els textos publicats en aquesta revista estan subjectes –llevat que s'indiqui el contrari– a una llicència de Reconeixement 4.0 Internacional de Creative Commons. Podeu copiar-los, distribuir-los, comunicar-los públicament i fer-ne obres derivades sempre que reconegueu els crèdits de les obres (autoria, nom de la revista, institució editora) de la manera especificada pels autors o per la revista. La llicència completa es pot consultar a <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ca>.



**Dossier «Revolució 4.0: progrés o precarització?»**

**Coordinador: Josep Lladós**

REPTES DE FUTUR... I DE PRESENT

## **Ens robaran els robots els llocs de treball? Un cop d'ull al mercat laboral a Espanya**

**Josep Lladós**

Professor agregat dels Estudis d'Economia i Empresa de la UOC

**RESUM** Les tecnologies basades en la intel·ligència artificial i la robòtica són un dels principals reptes actuals sobre el futur del treball humà. L'anomenada revolució 4.0 qüestiona alguns models de negoci, transforma els requeriments formatius del sistema productiu i impacta progressivament en la distribució de la renda.

El mercat laboral espanyol ofereix un bon exemple de com aquesta nova onada de canvi tecnològic pot impactar en els nivells i, sobretot, en l'estructura de l'ocupació. Es detecta una creixent polarització en la demanda de treball i les oportunitats de feina en funció dels nivells educatius i diversos efectes de desajust laboral, atribuïbles principalment a les característiques d'un model productiu dominant que és intensiu en tasques de naturalesa rutinària però poc actiu en la incorporació de les tecnologies emergents.

**PARAULES CLAU** revolució 4.0; mercat laboral; intel·ligència artificial; robòtica

### *Will robots take our jobs? A look at the labour market in Spain*

**ABSTRACT** *The technologies based on artificial intelligence and robotics are one of the leading challenges facing us now with regards to the future of human work. The so-called Industry 4.0 is placing various business models in doubt, transforming training requirements for the system of production, and is progressively impacting on the distribution of profit.*

*The Spanish labour market provides a good example of how this new wave of technological change can have an impact on the levels and especially the structure of employment. A growing polarisation can be seen in labour demand and employment opportunities in accordance with educational levels and the various effects of labour imbalance, which are principally attributable to the characteristics of a dominant production model that is intensive in tasks of a routine nature but not particularly active in the incorporation of emerging technologies.*

**KEYWORDS** *Industry 4.0; labour market; artificial intelligence; robotics*

## 1. Relació entre canvi tecnològic i ocupació

Ens deixaran sense feina els robots? Aquesta sembla ser la principal inquietud social quan parlem de les conseqüències de l'anomenada quarta revolució industrial. No és poca cosa perquè indubtablement la digitalització tindrà una influència cabdal en el futur del treball, també a casa nostra.

El canvi tecnològic, però, no és un procés lineal i determinista fàcil de predir, perquè no acostuma a desenvolupar-se en el temps seguint unes pautes ben delimitades ni tampoc no es dissemina sistemàticament entre els diferents sectors econòmics. Ben al contrari, sovint avança a batzegades i, a vegades, ho fa de forma imprevista. Així doncs, la incidència de la nova onada d'automatització probablement també serà progressiva i facilitarà el temps necessari per adaptar-s'hi, adquirir els coneixements que calen i acomodar-se satisfactòriament als canvis laborals i organitzatius que se'n deriven.

En realitat, la incorporació de nous coneixements a l'activitat productiva és un dels principals factors de progrés econòmic i social. De fet, els avenços tecnològics i científics desenvolupats en el darrer segle no han tingut cap precedent històric sense que la seva aplicació generalitzada a l'activitat econòmica hagi generat una situació de substitució massiva de treball. Ben al contrari, l'aplicació continuada de noves tècniques i coneixements ha augmentat les possibilitats de producció i consum alhora que també ho ha fet amb els nivells d'ocupació.

Tot i això, una de les preocupacions recurrents de les societats modernes és conèixer els efectes del canvi tecnològic en el mercat laboral. Aquesta inquietud es fa més palesa quan les societats afronten els riscos derivats de la revolució digital. D'una banda, perquè ha accelerat el ritme de canvi tecnològic, amb el desenvolupament de nombroses innovacions i aplicacions que estan transformant profundament els processos de producció, distribució i consum. De l'altra, perquè les innovacions tecnològiques de base digital també estan modificant sensiblement els coneixements i les habilitats requerits a la feina.

I si bé ha quedat palès que l'impacte del canvi tecnològic sobre la demanda laboral agregada no és negatiu, també s'ha posat de manifest que les seves conseqüències en la composició del treball són molt importants. Les tecnologies emergents no solament substitueixen i creen ocupació, sinó que també transformen el treball i en modifiquen la seva composició. És a dir, el canvi tecnològic no és neutral, més aviat indueix uns efectes esbiaixats sobre la demanda de qualificacions perquè la tecnologia sempre es complementa millor amb unes habilitats que no pas amb d'altres. I, tot i que aquestes habilitats no cal que siguin exclusives dels nivells educatius superiors, les noves tecnologies acostumen a complementar-se millor amb el treball de més qualificació. Aquesta major complementaritat fa que augmenti la demanda laboral i millorin els nivells de productivitat d'aquest conjunt de treballadors. Probablement perquè estan millor preparats per aprendre els nous coneixements i per adaptar-se més ràpidament als canvis organitzatius requerits per l'ús de les tecnologies emergents.

En realitat, la interacció entre la innovació tecnològica i el treball depèn de la combinació de quatre efectes diferents, que tenen naturalesa directa o indirecta. Òbviament, hi ha efectes relacionats amb la substitució i la creació directa de treball. D'una banda, l'aparició de noves tecnologies substitueix llocs de treball, a fi d'elevar la productivitat i estalviar costos productius. Aquest efecte és el que es coneix com a automatització laboral, perquè permet el desenvolupament de tasques sense la intervenció humana. De l'altra, el canvi tecnològic crea ocupació en aquelles activitats econòmiques que són l'origen de les innovacions o que hi estan estretament relacionades. La demanda d'aquests sectors s'expandirà i, amb aquesta, els seus nivells d'ocupació.

Res no ens garanteix que el balanç resultant de la interacció d'aquests dos efectes directes sigui necessàriament positiu, però l'experiència ens mostra que el resultat final agregat és favorable per la presència d'altres efectes induïts que compensen la destrucció d'ocupació. El primer efecte indirecte té a veure amb la complementaritat existent entre el capital tecnològic i el capital humà. De l'augment de la demanda de treball que disposa de coneixements específics incorporats a les noves tecnologies i de la reconfiguració de les tasques de cada lloc de treball que resulta de la seva utilització, s'hi afegeix l'aparició d'ocupacions emergents sorgides de l'aplicació econòmica innovadora dels nous coneixements i habilitats adquirides. Finalment, el canvi tecnològic també comporta l'efecte col·lateral d'impulsar la demanda de béns i serveis que són aliens al desenvolupament de les innovacions. A mesura que el canvi tecnològic millora la productivitat i les rendes, també s'impulsa una major demanda en altres activitats econòmiques que afavoreix el creixement de l'ocupació.

Però, a mesura que aquests efectes indirectes són probablement més intuïtius que evidents, el gruix dels estudis d'impacte potencial ha concentrat essencialment els seus esforços a estimar les conseqüències negatives de l'automatització digital, induint una visió alarmista i angoixant, però també parcial, de les tecnologies 4.0.

És important comprendre que les tecnologies que emergeixen de la innovació tenen efectes que són proporcionals a l'abast amb què s'utilitzen, de manera que les tecnologies d'ús més general (com seria el cas de les digitals) tenen efectes potencials més amplis que no pas aquelles altres que només serveixen per ser aplicades en la millora d'alguns processos específics. També és ben conegut que les tecnologies digitals no solament substitueixen les habilitats manuals, sinó que també ho fan amb algunes habilitats mentals. De manera que tot faria pensar que la nova onada de revolució digital, sustentada en la intel·ligència artificial i la robòtica, certament estaria amenaçant llocs de treball ocupats per persones amb nivells de qualificació mitjana o elevada i podria tenir un efecte disruptiu. És a dir, que aquest cop podria ser diferent, perquè evidentment l'evolució anterior del mercat laboral i la influència que van tenir els seus factors determinants en el passat no decideix necessàriament el seu comportament futur.

Òbviament, de la mateixa manera que ha succeït sempre, la nova era de canvi tecnològic també induirà ajustos importants al mercat laboral. Aquestes conseqüències seran heterogènies en funció de la capacitat dels treballadors per adaptar-se a les tecnologies emergents i a les tasques que estiguin desenvolupant al seu lloc de treball. De fet, aquest és l'element crític en l'anàlisi de l'impacte sobre el mercat laboral: ser conscients que les tecnologies emergents no substitueixen ocupacions o llocs de treball, sinó que el que fan és reemplaçar tasques o conjunts de tasques. És a dir, les tecnologies 4.0 afecten més tasques específiques que no pas qualificacions concretes. Dues persones amb la mateixa qualificació i tipus d'ocupació a dues empreses distintes, a la pràctica, probablement estan desenvolupant tasques diferents al seu lloc de treball, de manera que l'impacte del canvi tecnològic probablement també serà desigual.

Així doncs, el focus d'atenció de les conseqüències del canvi tecnològic al mercat laboral s'hauria d'orientar cap a les tasques que es desenvolupen i les habilitats que es requereixen a cada lloc de treball, perquè l'adaptació al canvi tecnològic es realitzarà, principalment, mitjançant la modificació de l'estructura de tasques que es fa a cada lloc de treball. El consens acadèmic existent ens mostra com el progrés tecnològic essencialment mostra una tendència a substituir tasques rutinàries mentre que la complementarietat de les habilitats requerides estarà definida per la seva naturalesa cognitiva o manual. La taula següent ens ofereix, de forma esquematitzada, aquesta predicció.

**Taula 1. Tipologies de tasques**

Complementarietat en les habilitats			
Facilitat d'automatització		Elevada	Baixa
	Elevada	Rutinàries cognitives	Rutinàries manuals
	Baixa	No-rutinàries cognitives	No-rutinàries manuals
Impacte esperat del canvi tecnològic			
Tipus d'ocupació (segons intensitat d'habilitats)	Impacte esperat sobre l'ocupació		Impacte esperat sobre les rendes
No-rutinàries cognitives	Positiu		Positiu
Rutinàries manuals i cognitives	Negatiu		Negatiu
No-rutinàries manuals	Positiu		Negatiu

Font: Elaboració pròpia a partir de WTO (2017).

D'aquesta manera, és previsible que la tecnologia millori les perspectives d'ocupació de les persones que realitzen tasques no rutinàries i que impliquen habilitats cognitives, perquè són menys fàcilment reproduïbles mitjançant algorismes, alhora que esdevenen més productives amb el suport de les tecnologies digitals. En canvi, l'escenari és menys favorable per a les tasques rutinàries que poden ser substituïdes mitjançant l'automatització digital, tant se val si requereixen habilitats mentals o manuals. En canvi, el risc seria inferior per als llocs de treball definits per un conjunt de tasques que tot i ser manuals no siguin rutinàries, perquè no són fàcilment automatitzables, tot i que puguin estar ocupats per treball poc qualificat.

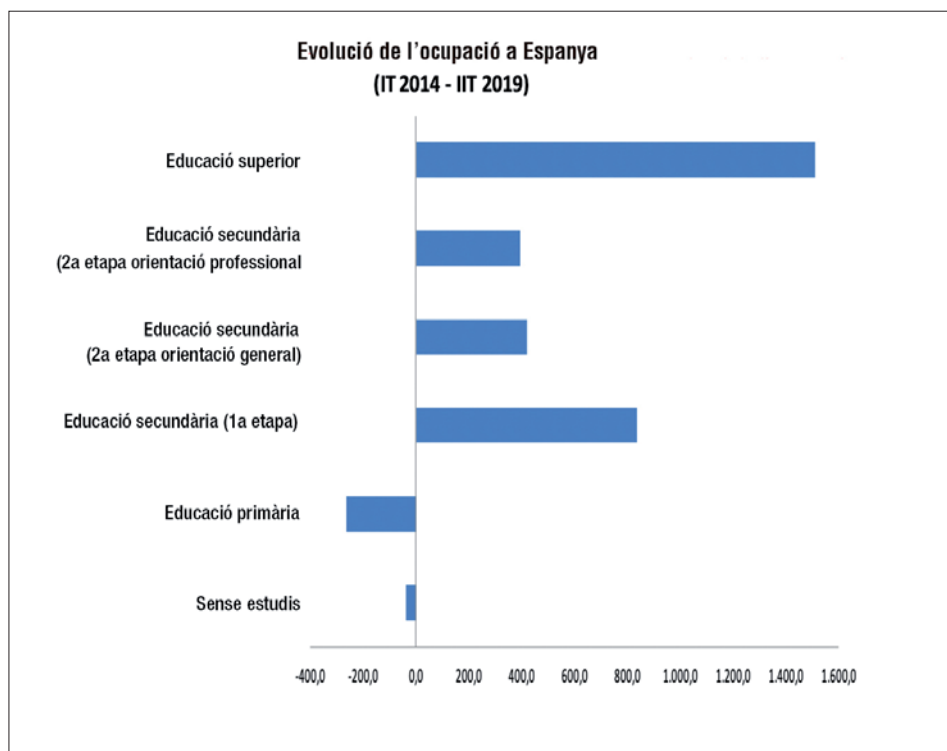
Per tant, s'anunciaria una tendència cap a la polarització creixent del mercat laboral, amb una demanda relativa inferior dels nivells intermedis de qualificació alhora que es preveu un augment en la desigualtat de les rendes salarials en favor del treball més qualificat. Diferents motius ho justificarien. D'una banda, com a resultat d'una major demanda relativa dels treballadors amb nivells educatius més elevats. De l'altra, pel desajust existent al mercat laboral entre l'oferta i la demanda d'habilitats. Aquests desajust (*mismatch*) entre les habilitats que requereixen les empreses i els coneixements disponibles per la força laboral pot donar lloc al desplaçament del treball amb més formació al llarg de l'escala ocupacional en detriment de les persones amb menor nivell educatiu (*de-skilling*).

## 2. Evolució recent del mercat laboral a Espanya

Una bona manera d'aproximar quins serien els primers efectes d'aquesta nova fase de progrés tecnològic seria analitzar l'evolució recent del mercat laboral a Espanya, perquè es tracta d'una de les economies més afectades per la recent crisi financera. El procés de devaluació interna de costos va tenir una de les seves principals conseqüències en la destrucció de gairebé quatre milions de llocs de treball. La posterior reactivació econòmica ha renovat gairebé el 20% del mercat laboral a Espanya, de manera que paga la pena analitzar les característiques de la nova ocupació generada, a fi d'inferir de quines transformacions en l'estructura ocupacional s'acompanya la nova etapa tecnològica.

L'estudi dels canvis en la distribució del treball, en funció del nivell educatiu i del tipus d'ocupació, ens proporciona resultats rellevants. L'evolució del mercat laboral a Espanya, d'acord amb les dades contingudes a l'Enquesta de població activa, confirmaria que el canvi tecnològic té un efecte heterogeni en l'ocupació en funció del nivell educatiu. En general, podem percebre que el mercat laboral espanyol presenta alguns trets específics que la reactivació posterior a la crisi financera ha consolidat.

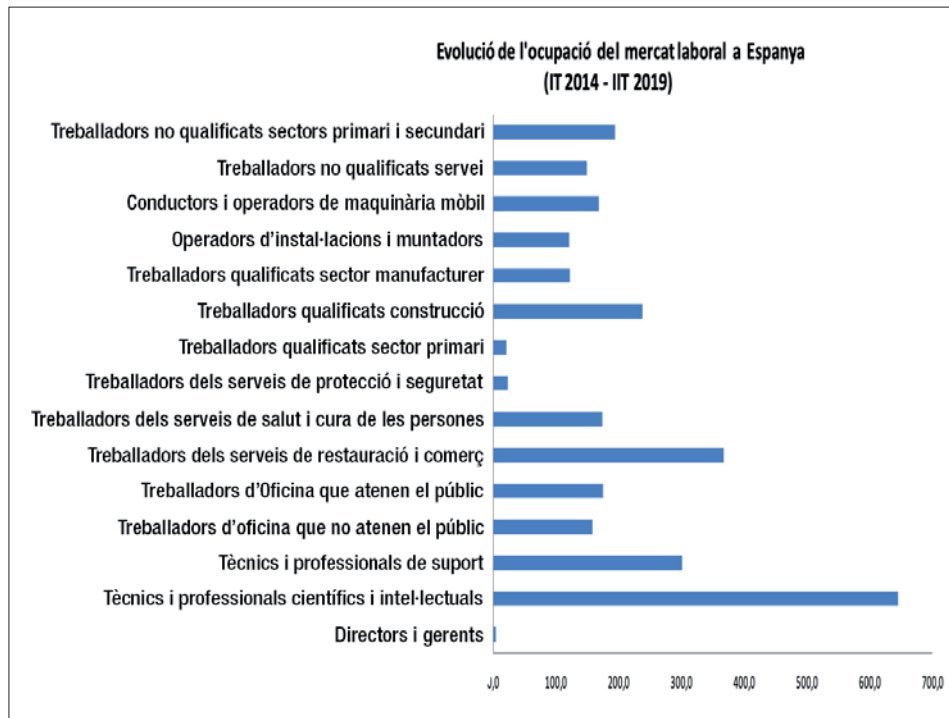
Un primer efecte ben visible és que la demanda de qualificacions ha augmentat significativament, de manera que semblaria que el risc d'automatització és més elevat entre les persones que realitzen treballs que requereixen un nivell de qualificació laboral més baix. Un de cada dos nous llocs de treball creats està sent ocupat per una persona amb estudis superiors. D'aquesta manera, el pes de l'ocupació més qualificada al mercat laboral a Espanya supera el 43% de l'ocupació actual.



Font: Elaboració pròpia a partir de les dades de l'Enquesta de població activa.

Però més que un biaix en favor del treball més qualificat es pot percebre un creixent efecte de polarització, ja que alhora que ha augmentat substancialment l'ocupació més qualificada, el treball amb nivells de qualificació inferiors també creix notablement. En canvi, els nivells intermedis de qualificació estarien sent els menys dinàmics quant a la creació de nous llocs de treball. És a dir, la nova ocupació generada a partir de la reactivació econòmica ha consolidat les diferències en la probabilitat d'accedir a una feina en funció del nivell educatiu.

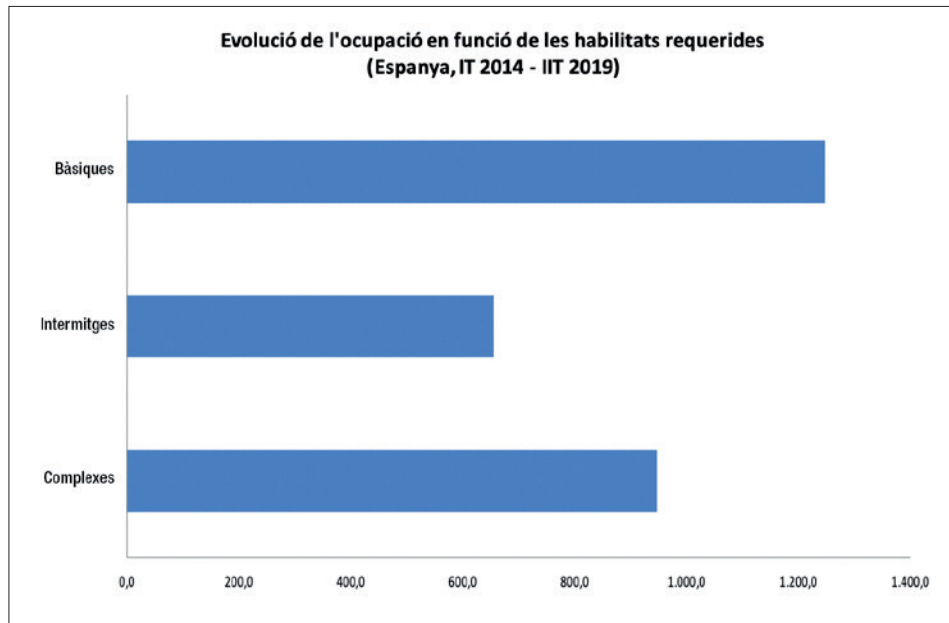
Una explicació d'aquest comportament dual emergeix quan analitzem els perfils professionals requerits en la nova ocupació. Es posa de manifest un creixement apreciable tant dels llocs de treball que requereixen un nivell elevat de qualificació professional (tècnics i professionals, científics i intel·lectuals...) com també d'aquells altres integrats majoritàriament per tasques i funcions de caràcter rutinari i, per tant, potencialment més susceptibles de veure's afectats pel canvi tecnològic (treballadors de serveis de restauració, ocupacions elementals...). És un indicatiu del protagonisme, en la recuperació recent, de l'ocupació en algunes activitats econòmiques de baix valor afegit.



Font: Elaboració pròpia a partir de les dades de l'Enquesta de població activa.

L'anàlisi dels canvis recents en el mercat laboral espanyol es pot completar observant la demanda d'habilitats requerides als nous llocs de treball creats. Inferim aquesta demanda a partir de la nova classificació internacional d'ocupacions ISCO-08, que defineix cada feina a partir de les habilitats requerides en els diferents tipus d'ocupacions per a desenvolupar eficaçment les tasques i responsabilitats assignades. Podem observar com, després de l'ajust i la reactivació del mercat laboral, i malgrat la magnitud dels nous llocs de treball creats, l'estructura ocupacional no ha sofert una transformació profunda pel que fa a les habilitats requerides. Ben al contrari, la demanda d'habilitats bàsiques continua predominant en la creació de nova ocupació a Espanya, la qual cosa posa de manifest la resistència al canvi del model productiu dominant. És a dir, el comportament recent del mercat laboral posa de manifest que la creixent demanda de qualificacions no s'acompanya d'una demanda majoritària d'habilitats complexes. Significativament, més del 40% dels llocs de treball de nova creació són per ocupacions que requereixen habilitats bàsiques. La conseqüència immediata és un desajust creixent vinculat a la demanda de qualificacions.





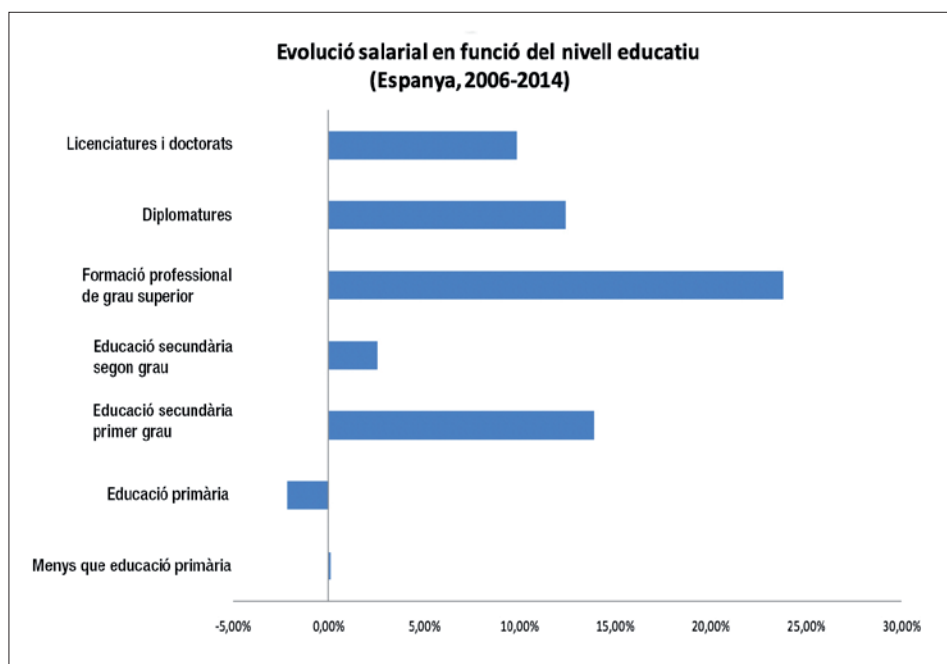
Font: Elaboració pròpia a partir de les dades de l'Enquesta de població activa.

D'aquesta manera, malgrat que l'ocupació amb estudis superiors és clarament predominant, la demanda relativa d'habilitats complexes és molt menys important. El resultat immediat és un desajust creixent en funció del nivell educatiu, amb un desplaçament progressiu de treballadors amb alts nivells d'estudis cap a feines que requereixen competències i habilitats més senzilles, i que tradicionalment eren ocupades per treballadors menys qualificats. En conseqüència, alhora que el mercat laboral se segmenta en favor dels més qualificats, el desencaixament existent entre les qualificacions de la demanda laboral i els requeriments del sistema productiu indueix un desplaçament descendent d'aquest treball més qualificat per l'escala ocupacional.

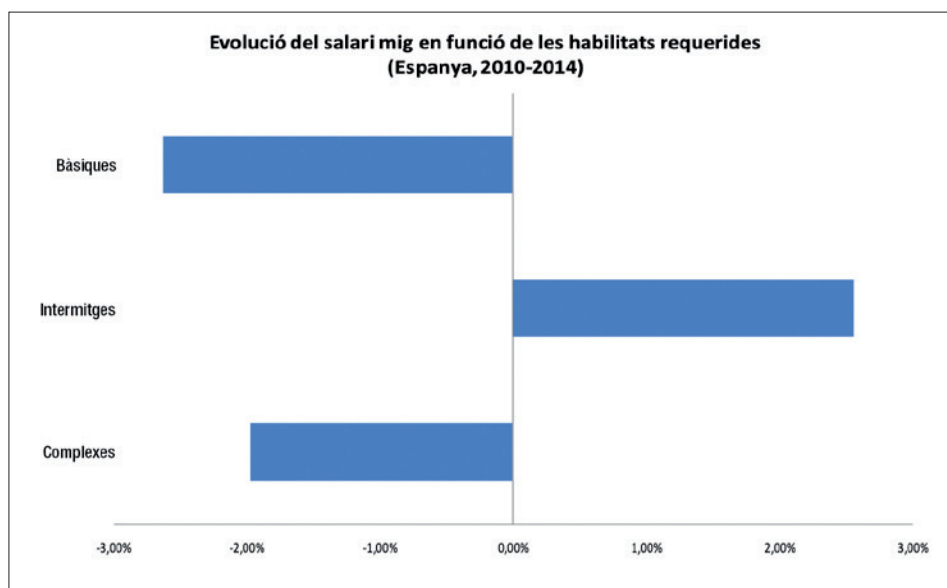
Un altre efecte de les oportunitats de feina, que siguin més elevades per al treball qualificat però que aquest ocupi de forma creixent llocs de treball d'escàs valor afegit, seria la reducció de la prima salarial que reben les persones amb més estudis. Les dades de l'Enquesta d'estructura salarial ens mostren la tendència existent en favor d'una major remuneració d'alguns perfils menys requerits però que presenten restriccions d'oferta per part del sistema educatiu, principalment pel que fa a la formació professional de grau superior. Aquest desajust també incidiria en els canvis observats en la remuneració de les habilitats requerides.

Com que no es disposa de dades posteriors al 2014, caldria una anàlisi més actualitzada de l'evolució salarial en funció dels perfils professionals i els nivells educatius, per tal de confirmar que a mesura que el treball més qualificat es desplaça per l'escala ocupacional en queden afectades tant les «oportunitats» de trobar feina com també les rendes salarials.





Font: Elaboració pròpia a partir de les dades de l'Enquesta d'estructura salarial.



Font: Elaboració pròpia a partir de les dades de l'Enquesta d'estructura salarial.

En el context europeu, l'economia espanyola presenta una estructura econòmica que és relativament més intensiva en llocs de treball que desenvolupen tasques rutinàries. Però, tot i que a moltes economies europees les tecnologies emergents estan instigant un canvi tecnològic que redueix la presència d'aquesta tipologia de tasques, aquest no estaria sent exactament el cas del mercat laboral espanyol. El principal motiu rau en el fet que en el model productiu predominen tasques que si bé són rutinàries, no són altament repetitives, cosa que complica la seva automatització. En general, són tasques majoritàriament efectuades a llocs de treball característics dels serveis personals, el turisme, l'atenció a les persones dependents o la restauració.

Aquesta major complexitat en la substitució home-màquina estaria limitant l'abast de l'automatització digital a Espanya, tot i que la major part d'aquests llocs de treball ocupin persones amb nivells educatius baixos. Fins al moment, la transformació digital avança lentament en aquesta economia, probablement també perquè afronta la dura competència de models de negoci basats en la contenció salarial i en unes magres condicions laborals de les persones que desenvolupen aquesta tipologia de tasques. El conjunt d'aquests factors pot endarrerir l'impacte directe de l'automatització digital a Espanya però no evitar la polarització de les rendes salarials ni impedir l'efecte substitució en el futur.

Probablement la societat espanyola és a les portes d'una transformació gradual i profunda de l'economia i del seu mercat laboral com a resultat de la quarta revolució industrial. En l'actualitat presenta alguns factors de risc associats al canvi tecnològic. És cert que les oportunitats d'ocupació han millorat molt per a les persones més qualificades. I que aquestes seran les més preparades per a desenvolupar, programar i utilitzar les noves tecnologies. Però també és cert que actualment molts treballadors qualificats no poden beneficiar-se de la seva inversió en educació a causa de l'escassa demanda de les seves habilitats al mercat laboral espanyol. Tampoc ajuda el menor ús relatiu de tasques cognitives i de recursos humans experts en ciència i tecnologia, els dèficits organitzatius i tecnològics en el teixit productiu i un *mismatch* al mercat laboral que evita que l'experiència laboral millori sensiblement el nivell competencial dels ocupats.

### 3. Conclusions

Certament, les innovacions tecnològiques no apareixen mai en un espai buit sinó en un entorn normatiu i regulador concret. Els nous desenvolupaments i aplicacions exigiran canvis en el marc legal vigent i, possiblement, induiran noves àrees normatives que acabaran definint la forma en què les noves tecnologies podran utilitzar-se. De la mateixa manera, la resposta social a un canvi que és potencialment disruptiu no solament serà el que definirà els usos finals i delimitarà l'abast de les noves tecnologies, sinó que també influirà en l'orientació i els continguts reguladors. La viabilitat tècnica i econòmica no és suficient si no es promou l'adopció de noves regulacions que generin un major clima de confiança, seguretat i acceptació social.

També influirà el fet que no tot el que percebem com a tecnològicament possible serà econòmicament viable, rendible o acceptable per a les empreses, que hauran d'afrontar les restriccions internes de recursos i gestionar els seus processos de presa de decisions estratègiques en el context de la seva pròpia cultura directiva i organitzativa. La velocitat d'adopció de les noves tecnologies sovint és més incerta i volàtil del que *a priori* sembla.

Així doncs, no cal precipitar-se a l'hora de fer valoracions sobre els efectes futurs en el mercat laboral, ja que la composició de l'ocupació mostra una tendència a la segmentació i el biaix sobre les oportunitats de feina ja és evident. De manera que el risc associat a l'automatització digital s'anirà distribuint de forma desigual entre la societat. En aquests casos, són més transcendents i necessàries les polítiques que ajuden a preparar les persones per als canvis en els requeriments laborals. Per tant, semblaria adequat afinar en les prioritats i els continguts de les polítiques públiques i les estratègies empresarials, a fi de facilitar una atenció adequada a un repte que és complex i, alhora, saber extreure'n el màxim profit social mitjançant una aposta col·lectiva i que sigui socialment més inclusiva.

Des de la perspectiva de les polítiques públiques, probablement convindria focalitzar els esforços a facilitar l'activitat de recerca i desenvolupament en tecnologies relacionades amb la intel·ligència artificial, promoure mecanismes d'impuls al canvi tecnològic, afavorir la disseminació de les tecnologies emergents en condicions de lliure concurrència, educar la societat per al treball futur, afavorir la formació en ocupacions emergents, millorar el capital humà facilitant la formació al lloc de treball, promoure la flexibilitat interna a les organitzacions, reforçar la xarxa de protecció social i la transició entre ocupacions laborals o impulsar polítiques d'inversió que garanteixin l'accés universal a les infraestructures digitals, entre altres.

Pel que fa a les estratègies empresarials, tal vegada semblarien necessitats urgents millorar la dotació interna de capital humà i tecnològic, promoure canvis organitzatius que consolidin una ocupació de més qualitat, modi-

ficar els continguts de les polítiques de formació interna, estimular la cooperació orientada al desenvolupament i l'aplicació d'innovacions, accelerar la creació de llocs de treball digitals, experimentar amb llocs de treball basats en la interacció éssers humans-màquines, promoure l'adaptació al canvi tecnològic com a element de diferenciació en el mercat i desenvolupar solucions tecnològiques que permetin atendre necessitats específiques dels consumidors.

Si la innovació tecnològica és font de progrés econòmic i motor de canvi social, i si la ciència i els coneixements d'avui esdevindran la tecnologia del demà, les línies de joc estan ben dissenyades perquè les institucions públiques i el teixit empresarial interactuïn amb habilitat per a vèncer els obstacles, costos i dificultats inherents al canvi i transformar el desafiament 4.0 en un triomf per al conjunt de la societat.

## Algunes referències per a saber-ne més....

- ACEMOGLU, D.; AUTOR, D. (2011). «Skills, Tasks and Technologies: Implications for Employment and Earnings». A: David Card i Orley Ashenfelter (ed.). *Handbook of Labor Economics*. Vol. 4, part Bb, pàg. 1043-1171 [en línia]. [https://doi.org/10.1016/S0169-7218\(11\)02410-5](https://doi.org/10.1016/S0169-7218(11)02410-5)
- ACEMOGLU, D.; RESTREPO, P. (2017). «Robots and Jobs: Evidence from US Labor Markets». *NBR Working Paper*, núm. 23.285 [en línia]. <https://doi.org/10.3386/w23285>
- ARNTZ, M.; GREGORY, T.; ZIERAHN, U. (2016). «The Risk of Automatization for Jobs in OECD Countries. A comparative Analysis». *OECD Social, Employment and Migration Working Papers*, núm. 189. París [en línia]. <https://doi.org/10.1787/5jlz9h56dvq7-en>
- AUTOR, D. H. (2015). «Why Are There Still So Many Jobs? The History and Future of Workplace Automation». *Journal of Economic Perspectives*. Vol. 29, núm. 3, pàg. 3-30 [en línia]. <https://doi.org/10.1257/jep.29.3.3>
- AUTOR, D. H.; LEVY, F.; MURNAME, R. J. (2003). «The Skill Content of Recent Technological Change». *The Quarterly Journal of Economics*. Vol. 118, núm. 4, pàg. 1279-1333 [en línia]. <https://doi.org/10.1162/003355303322552801>
- BLANCO, R.; FONTRDONA, J.; POVEDA, C. (2016). «La indústria 4.0 a Catalunya». Inclòs a: *Memòria Econòmica de Catalunya 2016*, pàg. 154-190. Consell de Cambres de Comerç de Catalunya.
- BOSTON CONSULTING GROUP (2015a). *Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries*.
- BOSTON CONSULTING GROUP (2015b). *Man and Machine in the Industry 4.0 How Will Technology Transform the Industrial Workforce Through 2025?*
- CAIXABANK RESEARCH (2016). «Les noves tecnologies i el mercat de treball». A: *IM02. Informe Mensual*, núm. 398. (Dossier).
- DELOITTE (2015). *From brawn to brains. The impact of technology on jobs in the UK*.
- EUROFOUND (2016). «What do Europeans do at work? A task-based analysis. European Jobs Monitor 2016». *Eurofound*. European Foundation for the Improvement of Living and Working Conditions.
- FREY, C. B.; OSBORNE, M. (2013). «The Future of Employment: How Susceptible are Jobs to Computerization?». *Oxford Martin School*. University of Oxford. United Kingdom.
- GRAETZ, G.; MICHAELS, G. (2015). «Robots at Work». *CEP Discussion Paper*, núm. 1335.
- GREGORY, T.; SALOMONS, A.; ZIERAHN, U. (2016). «Racing With or Against the Machine? Evidence from Europe». *ZEW – Centre for European Economic Research Discussion Paper*, núm. 16.053 [en línia]. <https://doi.org/10.2139/ssrn.2815469>
- MARCOLIN, L.; MIROUDOT, S.; SQUICCIARINI, M. (2016). «Routine Jobs, employment and technological innovation in global value chains». *OECD Science, Technology and Industry Working Papers*, núm. 2016/01. OECD Publishing. París. <https://doi.org/10.1787/5jm5dcz2d26j-en>
- MCKINSEY GLOBAL INSTITUTE (2017). «Artificial Intelligence: The Next Digital Frontier?» *Discussion paper*. Juny 2017. [https://doi.org/10.1016/S1353-4858\(17\)30039-9](https://doi.org/10.1016/S1353-4858(17)30039-9)

- MOKYR, J.; VICKERS, C.; ZIEBARTH, N. L. (2015). «The History of Technological Anxiety and the Future of Economic Growth: Is This Time Different?». *Journal of Economic Perspectives*. Vol. 29, núm. 3, pàg. 31-50 [en línia]. <https://doi.org/10.1257/jep.29.3.31>
- RANDSTAD RESEARCH (2016). «La digitalización: ¿crea o destruye empleo?». Informe anual sobre la flexibilidad laboral i l'ocupació.
- UNCTAD (2017). «Robots, Industrialization and Inclusive Growth». Inclòs a: *Trade and Development Report 2017. Beyond Austerity: Towards a Global New Deal*, pàg. 35-66.
- WTO (2017). *World Trade Report: Trade, technology and jobs*. World Trade Organization.

---

**Citació recomanada:** LLADÓS, Josep. Ens robaran els robots els llocs de treball? Un cop d'ull al mercat laboral a Espanya. *Oikonomics* [en línia]. Novembre 2019, n. 12, pp. 1-11. ISSN: 2339-9546. DOI: <https://doi.org/10.7238/o.n12.1911>

---



**Josep Lladós**

[jladosm@uoc.edu](mailto:jladosm@uoc.edu)

**Professor agregat dels Estudis d'Economia i Empresa de la UOC**

Josep Lladós és llicenciat i doctor en Ciències Econòmiques i Empresariales, professor agregat dels Estudis d'Economia i Empresa de la UOC, director del programa interuniversitari de Doctorat en Administració i Direcció d'Empreses i investigador del grup de recerca DigiBiz (<http://transfer.rdi.uoc.edu/es/grupo/digital-business-research-group>). La seva àrea de coneixement és l'economia aplicada i focalitza la seva activitat de recerca principalment en els àmbits de l'economia internacional, la geografia econòmica i els processos d'innovació empresarial.

Els textos publicats en aquesta revista estan subjectes –llevat que s'indiqui el contrari– a una llicència de Reconeixement 4.0 Internacional de Creative Commons. Podeu copiar-los, distribuir-los, comunicar-los públicament i fer-ne obres derivades sempre que reconegueu els crèdits de les obres (autoria, nom de la revista, institució editora) de la manera especificada pels autors o per la revista. La llicència completa es pot consultar a <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ca>.



**Dossier «Revolució 4.0: progrés o precarització?»**

**Coordinador: Josep Lladós**

ANÀLISI SOBRE LA TRANSFORMACIÓ DIGITAL

## **Els nous perfils professionals en el marc de la Indústria 4.0**

**Xavier Pi Palomés**

Co-director del Màster en Indústria 4.0. Universitat Politècnica de Catalunya

**Pere Tuset-Peiró**

Co-director del Màster en Indústria 4.0. Universitat Oberta de Catalunya (UOC)

**RESUM** En aquest article s'analitzen els motius que limiten l'adopció de les noves tecnologies i que frenen el procés de transformació digital de les empreses del teixit industrial. Més enllà dels aspectes tècnics o econòmics, l'origen d'aquests frens en el marc de la Indústria 4.0 rau en la falta de transversalitat dels perfils professionals existents actualment. En vista d'això, en l'article també s'analitza l'impacte laboral i els nous perfils professionals que caldran per a fer front al procés de transformació digital, i també el rol que jugaran els experts, els grups de treball i les eines de diagnosi en aquest procés.

**PARAULES CLAU** transformació digital; Indústria 4.0; perfils professionals

### *The new professional profiles in the context of Industry 4.0*

**ABSTRACT** This article analyses the reasons that limit the adoption of new technologies and slow down the digital transformation process of companies in the industrial sector. Beyond technical or economic aspects, the origin of the slowdown lies in the lack of transversality of existing professional profiles in the context of Industry 4.0. In view of this, the article also analyses the labour impact and the new professional profiles that will be necessary to deal with the digital transformation process, as well as the role that will be played by experts, working groups and diagnostic tools in this process.

**KEYWORDS** digital transformation; industry 4.0; professional profiles

## 1. Introducció: Transformació digital i Indústria 4.0

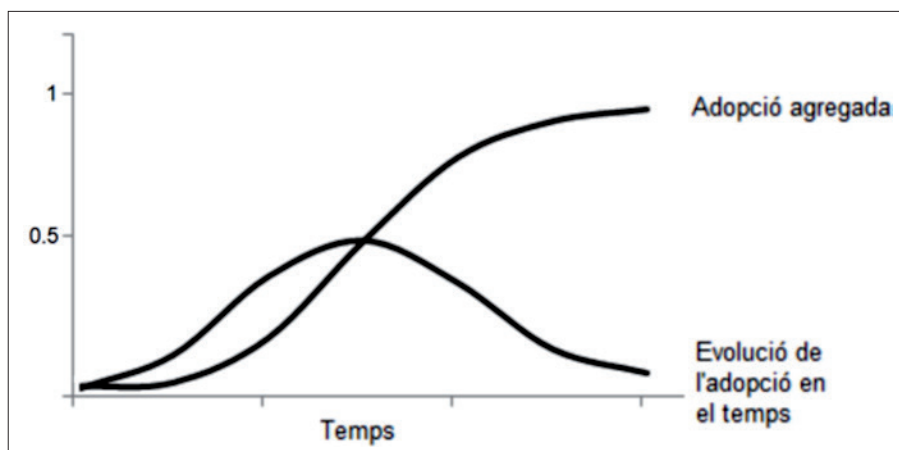
La transformació digital [1] és el procés d'adopció de les tecnologies digitals, tant a nivell individual com a nivell col·lectiu, que està provocant canvis substancials en els diferents àmbits on es duen a terme activitats socioeconòmiques. L'any 2015, la consultora Boston Consulting Group [2] va definir les tecnologies que són la base d'aquest procés de transformació digital, entre les quals destaquen: la robòtica col·laborativa, la simulació, la Internet de les coses, la ciberseguretat, la computació al núvol, la impressió additiva, la realitat augmentada, l'anàlisi de dades i la intel·ligència artificial.

En el sector industrial, el procés de transformació digital es coneix amb el nom d'Indústria 4.0 [3] i fa referència a l'impacte que té l'aplicació d'aquestes tecnologies tant en el disseny dels productes com en la millora dels propis processos de fabricació. Per exemple, la combinació de la Internet de les coses, la computació al núvol i la intel·ligència artificial habilita el desplegament de solucions de manteniment predictiu, que permeten monitoritzar el funcionament de les màquines de manera contínua i anticipar-se a un mal funcionament, evitant aturades de línia i facilitant determinar la causa arrel del problema [4].

Però les millores poden anar més enllà de ser optimitzacions dels sistemes ja existents. Per exemple, la combinació d'aquestes tecnologies permeten construir sistemes productius amb uns alts nivells de flexibilitat i automatització de forma que es pot produir amb mides de lot molt petites, arribant al límit del lot de mida  $\dot{u}$  [3]. Així doncs, el procés de transformació digital en l'àmbit de la indústria donarà lloc a productes més personalitzats, de millor qualitat i produïts a un cost més baix, però també té el potencial de revolucionar els models de negoci de les empreses tradicionals passant de models basats en la venda de productes a models basats en l'oferta de serveis.

Tenint en compte el potencial transformador d'aquestes tecnologies, però també la seva complexitat i cost, s'espera que el procés d'adopció de les mateixes per part de la indústria segueixi el model de difusió de la innovació proposat per Rogers [5]. En aquest model, les empreses es poden classificar seguint una corba normal en innovadores (2,5%), seguidors inicials (13,5%), majoria precoç (34%), majoria tardana (34%) i endarrerits (16%)<sup>1</sup>. Si sumem el nombre d'usuaris que han adoptat una tecnologia a mesura que avança el temps (integral de la corba de difusió al llarg del temps) obtenim la corba agregada de difusió que adquireix la forma d'S [5] i en què es distingeixen tres trams d'adopció: un primer tram de creixement lent, un tram de forta acceleració, amb pendent màxim al voltant del punt mig, i finalment un tram d'alentiment que tendeix al pendent zero, tal com es mostra en la Figura 1.

**Figura 1. Corbes de Rogers d'adopció i adopció agregada de les tecnologies**



1. En anglès: *innovators*, *early adopters*, *early majority*, *late majority* i *laggards*.



Així doncs, aquelles empreses que adoptin aquestes noves tecnologies a temps podran capturar el valor afegit que aporten (és a dir, nous productes, augment de qualitat, reducció de costos, augment de l'eficiència, nous models de negoci, etc.), aconseguint així una part més gran de la quota de mercat actual o obrint nous mercats encara inexistents. Per contra, les empreses que les adoptin tard o que no les adoptin correran el risc de ser superades pels seus competidors a nivell global i tendiran a desaparèixer.

Davant d'aquesta realitat, en aquest article ens proposem dur a terme una visió sobre el procés d'adopció de la tecnologia en el marc de la Indústria 4.0 i l'impacte que això té en els nous perfils professionals que calen, a fi de facilitar l'adopció d'aquestes tecnologies.

La resta de l'article està organitzat de la manera següent. A la secció 2 es presenten els models d'adopció i l'estat actual de l'adopció tecnològica en el marc de la Indústria 4.0. A la secció 3 s'analitza l'impacte laboral de la Indústria 4.0 i els nous perfils professionals que es deriven del procés de transformació digital. A la secció 4 s'analitza la figura dels experts, els grups de treball i les eines de diagnòstic per tal d'impulsar i avaluar l'adopció de les tecnologies digitals en el marc de la Indústria 4.0. Finalment, a la secció 5 es presenten les conclusions de l'article.

## 2. L'adopció de la tecnologia en el marc de la Indústria 4.0

En aquesta secció presentem un model que explica els alçapremes i els frens que incideixen en el procés d'adopció de la tecnologia en el marc de la Indústria 4.0, i també una revisió del nivell actual d'adopció.

### 2.1. Model d'adopció tecnològica

L'any 2015 la consultora McKinsey va publicar un informe [6] en què presentava un model que pretenia explicar el procés d'adopció tecnològica en el marc de la Indústria 4.0 per mitjà de *drivers* (impulsors) i *levers* (palanques)<sup>2</sup>. En primer lloc, els *drivers* (impulsors) són els àmbits d'interès d'una empresa (benefici econòmic, estructura organitzativa o de processos, i de visió i valors) susceptibles a ser transformats. Per exemple, la gestió dels recursos i els processos productius, la utilització dels actius, la gestió del treball, la gestió de l'inventari, la garantia de la qualitat, l'equilibri entre l'oferta i la demanda, els temps a mercat i els serveis postvenda, entre altres. En segon lloc, els *levers* (palanques) són aquells àmbits d'activitat (processos) susceptibles de ser modificats per mitjà de l'aplicació d'una o més tecnologies i que donen valor (per exemple, reducció de costos o de temps, augment de la productivitat, etc.) als *drivers* als quals estan associats.

En general, aquestes palanques ja existeixen actualment, de manera que l'aplicació de les noves tecnologies els hi dona més potencial transformador. Per exemple, una de les palanques de la Indústria 4.0 seria el 'manteniment predictiu', que correspon a l'exemple esmentat en la introducció. Si bé aquesta palanca ja existia, ha estat la combinació de les tecnologies 'Internet de les coses', 'computació al núvol' i 'intel·ligència artificial' el que ha permès donar-li un gran impuls i fer que tingui impacte en el *driver* 'utilització dels actius'. Això ha estat possible gràcies a la comodització de l'oferta tecnològica que ofereix productes i serveis de tipus genèric i a uns preus assequibles. De manera similar, la palanca d' 'enginyeria concurrent' ha estat empoderada gràcies a la combinació de la 'fabricació additiva' i de la 'simulació' i millora el *driver* 'temps a mercat'.

Així doncs, la utilització conjunta de les tecnologies proposades per Boston Consulting Group i el model de *drivers/levers* de McKinsey permet determinar les relacions entre les diferents tecnologies i el benefici que aporten a les empreses industrials, de manera que explica la motivació que porta les organitzacions a adoptar-les a fi de millorar el seus productes, processos productius i processos de gestió. En canvi, aquests models no especifiquen quin és el procés que han de seguir les empreses industrials per a adoptar aquestes tecnologies i obtenir els beneficis esperats segons els informes d'aquestes consultores. Aquest és un punt crític en l'adopció de la Indús-

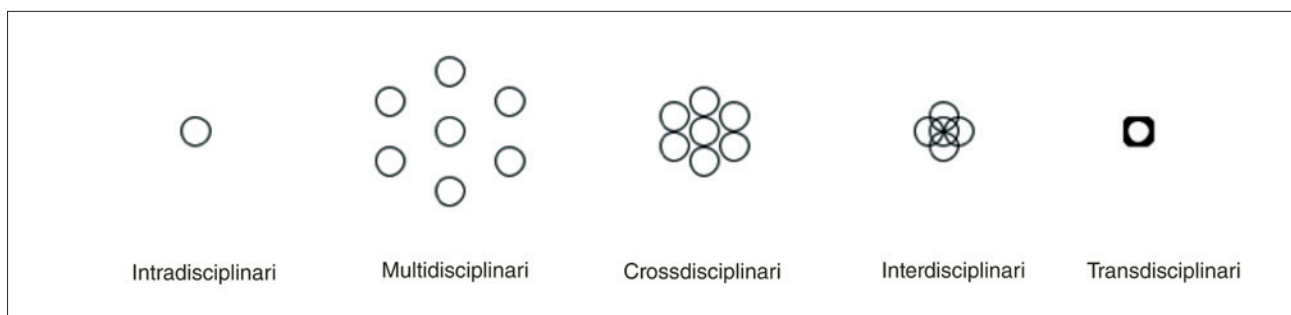
2. La noció de palanca aplicada a la gestió té el seu origen l'any 1997, quan Dickhout [7] va plantejar l'analogia amb una palanca mecànica que es pot situar en una posició a voluntat i que permet controlar un sistema segons les necessitats de cada moment.

tria 4.0 en el teixit industrial ja que, com hem dit abans, és la combinació de diferents tecnologies la que permet activar certes palanques per donar valor a un impulsor específic.

## 2.2. Frens en l'adopció tecnològica

Seguint amb el símil mecànic, en contraposició amb les palanques, que tenen una vocació impulsora, també s'han identificat frens en l'adopció de les tecnologies habilitadores de la Indústria 4.0. Per exemple, diversos estudis realitzats per PriceWaterhouseCoopers [8], KPMG [9], la Comissió Europea [10] i VDI/ASME [11], indiquen que el fre més important per a la implementació efectiva de la Indústria 4.0 és la manca de perfils professionals adequats i que aquesta és conseqüència directa de la manca de transversalitat dels perfils actuals. Aquesta noció de transversalitat es pot formalitzar segons el model de Jensenius [12, 13], que proposa diversos nivells de disciplinarietat de forma visual, tal com es mostra en la figura següent.

**Figura 2. Model d'n-disciplinarietats de Jensenius-Stember**



Cadascun dels elements del model de Jensenius-Stember [12, 13] de la Figura 2 es pot definir tal com es descriu a continuació:

- **Intradisciplinari:** Persones treballant dins d'una mateixa disciplina.
- **Multidisciplinari:** Persones de diferents disciplines que col·laboren, cadascú amb els seus coneixements i mètodes.
- **Crossdisciplinari:** Visualització d'una disciplina des de la perspectiva d'una altra.
- **Interdisciplinari:** Integració de coneixements i mètodes de diferents disciplines, fent una síntesi de diversos enfocaments.
- **Transdisciplinari:** Creació d'una unitat de marcs intel·lectuals més enllà de les perspectives disciplinàries.

Tenint en compte aquesta visió de les disciplinarietats, el fre en l'adopció tecnològica es pot analitzar seguint el model d'Anthony [14] que planteja els tres nivells clàssics de la gestió de les organitzacions des del punt de vista de la presa de decisions: **estratègic**, **tàctic** i **operacional**, els quals es poden associar al termini temporal (llarg, mitjà i curt), i també als perfils professionals (directius, gestors, tècnics) que els executen.

D'una banda, a nivell estratègic trobem que hi ha grans dificultats per a tenir una visió clara i lideratge, ja que s'ha de tenir en compte que la direcció de l'empresa és clau per a impulsar l'adopció d'aquestes tecnologies en els diferents àmbits, seleccionant les palanques a utilitzar i definint quin nivell d'intensitat cal aplicar a cada palanca. En aquest sentit, la falta de coneixement del potencial i de l'aplicabilitat de les noves tecnologies, i encara més important, de les seves combinacions, redueix la voluntat de realitzar inversions, ja que es desconeix quin és el cost d'implantació i el temps de retorn de la inversió.



D'altra banda, pel que fa al nivell tàctic, les dificultats es deriven de l'estructura organitzativa de les empreses, que creen «silos» que dificulten la col·laboració pel desenvolupament i la implantació de projectes n-disciplinaris. Segons Tett [15] l'efecte «silo» sorgeix quan la natura dels reptes a afrontar necessita col·laboració entre diverses disciplines, i això sovint requereix una voluntat de col·laboració entre els diferents departaments de l'empresa. La falta d'empatia entre els diferents perfils professionals implicats en el procés de transformació digital pot, inclús, perjudicar l'èxit de les proves pilot que han de validar la tecnologia. Tenint en compte això, per a solucionar-ho caldrà adaptar les estructures organitzatives i oferir incentius per a la col·laboració, a fi de fomentar l'adopció de les tecnologies 4.0.

Finalment, pel que fa el nivell operacional, un dels problemes és la convergència de coneixements i competències entre els diferents perfils professionals. Bàsicament això fa referència als perfils de l'àmbit de les operacions (OT - *Operational technology*) i de les tecnologies de la informació i les comunicacions (IT - *Information technology*). El repte d'assolir la denominada convergència IT/OT va ser plantejat per Rockwell Automation l'any 2007 [16], i és un dels reptes més importants de la transversalitat de la Indústria 4.0, ja que a més a més dels elements de coneixement hi intervenen aspectes culturals, com per exemple la percepció del temps o del risc, que són diferents entre ambdós col·lectius [17]. Per a solucionar-ho, caldrà oferir formació específica de caire transversal per garantir que els professionals tindran les competències per adoptar les tecnologies. [18]

L'instrument més important per fer efectiva aquesta convergència entre els mons IT i OT és el denominat bessó digital (*digital twin* o DT), aplicable tant als productes com als sistemes de producció, que consisteix en un model digital amb totes les característiques constructives de l'actiu en qüestió (anomenat *digital master* o DM), combinat amb un sistema d'informació a partir de les dades recollides de la realitat mitjançant la sensòrica o comunicat pel propi actiu (anomenat *digital shadow* o DS). Segons el model de DT proposat per Stark [19], els DM i els DS es relacionen mitjançant algorismes com ara la simulació, l'analítica de dades o la intel·ligència artificial. El concepte de DT inclou la modelització, la simulació i la internet de les coses, el qual inclou l'electrònica encastada, el software i les telecomunicacions. El DT permet desenvolupar productes i solucions en el món digital (virtual) sense els riscos del món físic, aplicant tècniques provinents del món del software basades en moltes iteracions de prova i error a alta velocitat, per després passar al món físic amb el nombre mínim d'errors potencials. Perquè això sigui possible, els models de simulació han d'haver estat verificats i validats convenientment utilitzant models basats en l'estadística. A més, el DT, a causa del potencial de la simulació, permet la transmissió tant del coneixement de tipus explícit com del de tipus tàcit, aquest últim és més difícil de gestionar [20]. Els DT tindran un gran impacte en el desenvolupament de la transversalitat, a mesura que s'estengui la interoperabilitat entre ells, permetent la seva utilització conjunta en solucions integrades.

Així doncs, la transversalitat dels perfils professionals afecta els àmbits estratègic, tàctic i operacional de l'empresa i limita la capacitat d'adopció de les tecnologies a tots els nivells. Per exemple, en el cas del manteniment predictiu cal el desplegament de dispositius amb capacitat de sensorització i comunicació per a recopilar les dades de la màquina en qüestió, però també cal una infraestructura de computació al núvol que permeti emmagatzemar-les i un conjunt d'aplicacions que utilitzin algorismes d'intel·ligència artificial que els combinin i n'extinguin coneixement que pugui ser utilitzat amb la finalitat de detectar possibles fallades. A més a més, la integració d'aquest procés de generació, transport i processament de dades cal fer-lo de manera segura, ja que en alguns casos pot tractar-se d'informació sensible per l'empresa i en altres casos pot deixar una porta oberta a ciberatacs que aturin el procés productiu. Per tant, és fàcil veure com la responsabilitat del desplegament d'aquestes tecnologies recau en diferents departaments de l'empresa. Seguint amb l'exemple anterior, el desplegament d'una solució de manteniment predictiu requerirà, com a mínim, la intervenció dels departaments d'operacions, manteniment i tecnologies de la informació i les comunicacions. De manera simplificada podem dir que els primers seran els encarregats de definir els elements que cal sensoritzar, els segons s'encarregaran de desplegar-los i de mantenir-los, i els tercers seran els encarregats de proporcionar la infraestructura a fi de rebre, emmagatzemar i processar les dades. Malgrat els beneficis que poden aportar les tecnologies digitals a l'àmbit de la indústria, cal tenir en compte que la seva aplicació també incrementa la complexitat dels sistemes i la seva incertesa. Per exemple, a mesura que els sistemes industrials estan connectats a internet, amb la finalitat de dur-ne a terme la monitorització i el control, creix el risc de patir un ciberatac.

### 2.3. Estat actual de l'adopció tecnològica

En els darrers anys el nombre d'iniciatives d'impuls a la Indústria 4.0 no ha parat de créixer. L'any 2018, hi havia a la Unió Europea 18 iniciatives aprovades impulsades per diversos governs. A fi de coordinar-los i empoderar-los, la iniciativa anomenada Digitizing European Industry (DEI), amb una dotació de 5.000 milions d'euros del programa Horizon 2020 [21], lligat a una de las 5 prioritats més importants de la Unió denominada Digital Single Market.

Però malgrat l'interès i l'impacte potencial que té l'adopció de les diferents tecnologies en el marc de la Indústria 4.0, la realitat és que el procés d'adopció d'aquestes tecnologies no està seguint el ritme previst inicialment [22], tant pel que fa a la taxa d'adopció de les tecnologies com la profunditat de les transformacions que implica la seva adopció. De fet, segons aquest estudi, només el 29% de les empreses industrials ha començat a desplegar aquestes tecnologies en els seus processos (les que podem considerar innovadores i seguidores inicials), mentre que el 71% restant es divideix entre les que han començat a fer proves pilot (majoria precoç) i les que no han començat a fer cap activitat en aquesta direcció (majoria tardana i endarrerits). També es constata que les PIMES presenten en general nivells d'adopció inferiors als de les grans empreses [23] i que els nivells d'adopció varien segons els països [24]. Això ens situa encara en el primer tram de la corba-S, de forma que els teixits industrials encara no han entrat en el tram de forta acceleració de forma generalitzada.

Davant d'aquestes dificultats i amb la finalitat d'integrar les tecnologies de la Indústria 4.0, l'any 2017 la VDMA (l'Associació Industrial d'Enginyers Mecànics d'Alemanya) va publicar un document de treball [25] en què proposa un model per a facilitar l'adopció de les tecnologies. Aquest model consta de cinc fases: preparació, anàlisi, creació, avaluació i introducció. En la fase de preparació, es creen equips de treball que tinguin coneixements del mercat i dels processos productius de l'empresa. En la fase d'anàlisi, s'identifiquen les competències existents dins l'empresa respecte de les tecnologies de la Indústria 4.0 i es compara amb la competència. En la fase creativa, es generen idees que poden resultar en projectes que permetin la millora dels processos i dels productes de l'empresa. En la fase d'avaluació, se seleccionen aquells projectes que es consideren rellevants i es construeix un equip encarregat de dur a terme un desplegament pilot per a comprovar la viabilitat tècnica i econòmica del projecte. Finalment, en la fase d'implementació, aquells projectes que han demostrat la viabilitat tècnica i econòmica passen a desplegar-se.

Així doncs, seguint les recomanacions d'adopció de la tecnologia, les empreses més innovadores d'arreu del món han començat a traçar els seus plans d'adopció segons el seu sector i en funció de les seves necessitats tècniques i la capacitat d'inversió. Principalment s'han definit i dut a terme proves pilot per a validar l'interès de cada tecnologia segons l'àmbit d'aplicació i el retorn de la inversió esperat, i també entendre com aquestes tecnologies poden escalar el volum requerit. A més a més, les empreses també han aprofitat per començar a formar els seus empleats sobre els aspectes tècnics i els fonaments directius relacionats amb el procés de transformació digital. Però, segons l'informe de KPMG de 2018 «A reality check for today's C-Suite on Industry 4.0» [26], el temps de només experimentació s'està acabant, en què hi ha hagut una proliferació de proves pilot que, al final, tendeixen a anar cap a «silos», i que sovint acaben sent una sobrecàrrega que ja no aporten claredat en la visió estratègica.

La dificultat en l'adopció de les tecnologies digitals no rau en la novetat en si de les mateixes, ja que com s'ha vist, pràcticament totes ja fa anys que existeixen. La qüestió és que moltes d'aquestes han arribat de forma simultània a un nivell de maduresa suficient que ha obert escenaris amb moltes possibles noves combinacions amb potencial transformador. Segons Frank Diana [27], s'han creat unes condicions molt favorables per a la combinació de tecnologies que denomina *combinatorial scenarios*, els quals pronostiquen una corba-S amb una molt pronunciada i forta pendent. Si la velocitat de generació de noves combinacions potencials és més gran que la seva velocitat d'exploració i avaluació, augmenta la dificultat per tenir una visió estratègica clara que permeti adoptar-les i treure'n partit.

### 3. L'impacte laboral i els nous perfils professionals en el marc de la Indústria 4.0

La qüestió dels perfils professionals i la Indústria 4.0 es defineix per una situació de realimentació permanent. D'una banda, segons Kagermann [3], la Indústria 4.0 transformarà radicalment els perfils competencials i professionals de l'àmbit industrial. D'altra banda, les organitzacions estan demanant perfils professionals diferents o nous per a portar endavant la transformació digital. Així doncs, en aquesta secció analitzem l'impacte laboral, els nous perfils professionals i les necessitats formatives en el marc de la Indústria 4.0.

#### 3.1. Impacte laboral de la Indústria 4.0

Els estudis sobre l'impacte laboral de la Indústria 4.0 es poden dividir en dos grans grups i, en aquest apartat, es presenta una síntesi de resultats quantitius dels estudis identificats.

El primer grup està orientat a identificar i quantificar els llocs de treball que tenen una alta probabilitat de ser automatitzats. El treball seminal d'aquest primer grup és l'estudi realitzat per Frey i Osborne [28], iniciat l'any 2013 a la Universitat d'Oxford i publicat el 2017, en què es relaciona una llista de 702 llocs de treball i la probabilitat de cadascun d'aquests de ser automatitzats. Altres estudis a destacar són els publicats per Arntz, Gregory i Zierahn (OCDE) el 2016 [29], la consultora McKinsey l'any 2017 [30], i l'estudi de Morrón (Caixabank) el 2016 [31]. Tot i que aquests estudis donen resultats diferents segons la zona geogràfica, en general hi ha consens que al voltant d'un 40% dels llocs de treball tenen a l'entorn d'un 70% de probabilitats de ser automatitzats en un horitzó temporal del voltant d'una dècada.

El segon grup d'estudis està orientat a identificar els possibles efectes de creació i destrucció de llocs de treball, identificant tendències en quant als nous perfils requerits. Els cinc estudis més remarcables són els dos publicats d'àmbit global pel World Economic Forum l'any 2016 [21] (posteriorment actualitzat en la versió de 2018 [32]) i l'estudi de McKinsey de 2017 [33], els dos publicats per l'àmbit alemany per Vogler-Ludwig, Düll i Kriechel l'any 2016 [34] i el del Boston Consulting Group del 2015 [2]. Finalment, en l'àmbit català cal destacar l'estudi realitzat per Hernández-Gascón l'any 2018 [35]. De manera resumida, els estudis d'impacte de la Indústria 4.0 fets a nivell global del World Economic Forum i McKinsey coincideixen a predir una destrucció d'ocupació en termes globals. En el primer es vaticina una destrucció de 7 milions de llocs de treball i una creació de 2 milions de nous llocs, donant una destrucció neta de 5 milions, amb horitzó 2020. En el segon estudi es pronostica una destrucció global del 15% de llocs de treball amb horitzó 2030, però tot i que es destaca que es crearan nous llocs en àrees diferents (enginyeria, ciència, salut, informàtica, directius, docència i creatius), no es quantifica el volum global dels nous llocs creats. En canvi, segons els estudis d'impacte realitzats en els àmbits alemany i català, la Indústria 4.0 crearà més llocs de treball que no pas se'n destruiran. L'estudi del Boston Consulting Group pronostica una creació de 210.000 llocs de treball qualificats amb horitzó 2025 i el de Vogler-Ludwig estima una creació de 263.000 llocs de treball amb horitzó 2030 com a conseqüència de la Indústria 4.0. En el cas català, l'estudi d'Hernández-Gascón vaticina una creació de 13.000 llocs de treball qualificats amb horitzó 2030.

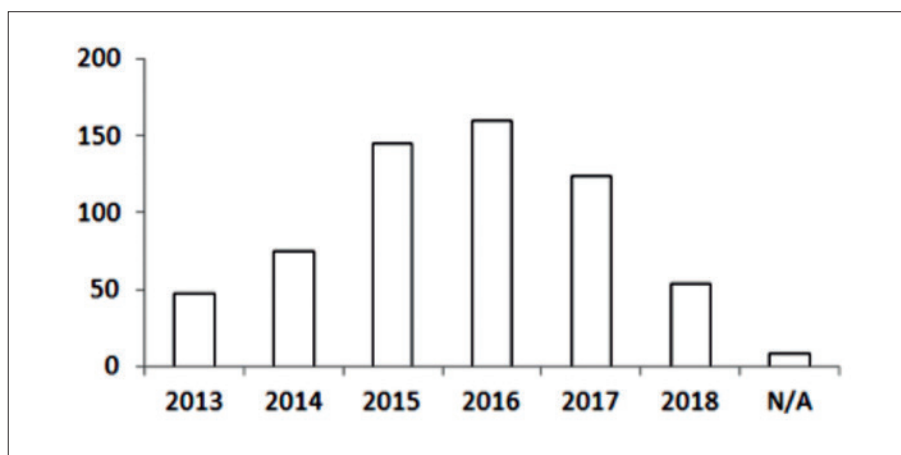
#### 3.2. Nous perfils professionals en el marc de la Indústria 4.0

A banda del debat sobre la creació i destrucció de llocs de treball resultants del procés de transformació digital, un altre dels aspectes claus en el procés d'adopció de les tecnologies de la Indústria 4.0 és l'emergència de nous perfils professionals. En aquest sentit, al començament d'aquesta dècada va aparèixer la figura del CDO (*Chief Digital Officer*), identificat per la consultora Gartner [36] com una nova figura directiva del denominat C-Suite [37] que té el rol de formular el pla de transformació digital de l'empresa, de manera que la resta de l'equip directiu l'adopta per a dur-lo a terme als diferents nivells operatius. Així doncs, segons el model de Jensenius-Stember,

el CDO assumeix un model de transformació digital de l'empresa basat en una visió només multidisciplinària, en què la resta de l'equip directiu pertany a diferents disciplines i no comparteix coneixements ni mètodes per a dur-la a terme.

Si bé aquesta aproximació va resultar atractiva inicialment, ja que minimitzava l'impacte del procés de transformació sobre la resta de departaments, l'informe de PwC de 2019 [38] realitzat sobre 2.500 empreses demostra el declivi de la figura del CDO, tal com es mostra en la Figura 3. Com es pot veure, de l'any 2013 al 2016 es va passar de 50 a 150 contractacions d'aquest perfil, mentre que de l'any 2016 al 2018 es va passar de 150 a 50 contractacions. Aquest creixement i declivi de la figura del CDO al llarg del temps es pot explicar pel fet que el procés de transformació digital és més profund i requereix un nivell de coneixement i implicació de totes les parts que travessa de forma inevitable els diversos «silos» que hi pugui haver a l'organització [39].

**Figura 3. Contractacions anuals dels CDO. Font: Estudi PwC [38]**



Per tant, la naturalesa del problema de la digitalització de la indústria és de transversalitat, tant a nivell estratègic com operacional, i afecta el conjunt de l'organització. En aquesta direcció, l'informe de 2015 de l'Associació d'Enginyers Alemanys (VDI) i l'Associació Americana d'Enginyers (ASME), adverteix clarament en el seu informe [11] que els perfils professionals dominants de la Indústria 4.0 seran interdisciplinaris en detriment dels només multidisciplinaris<sup>3</sup>.

### 3.3. Estudi sobre les necessitats formatives a Alemanya

En vista de les necessitats de perfils interdisciplinaris, l'any 2019 la Fundació IMPULS ha publicat un treball d'investigació que té per objectiu definir els perfils professionals de la Indústria 4.0 [40]. Per a fer-ho, els investigadors han dut a terme un total de 224 qüestionaris als principals grups d'interès (estudiants i professors universitaris, i també als líders tècnics i als directors generals d'empreses) amb l'objectiu de comprendre les competències tècniques i interpersonals necessàries per a desenvolupar projectes en el context de la Indústria 4.0.

El resum dels resultats és a l'informe publicat l'any 2019 titulat «Enginyers per a la Indústria 4.0» [4] i com a exemple dels resultats obtinguts, a l'estudi hi ha una pregunta que se centra en les competències complementàries del domini de les TIC (Tecnologies de la informació i les comunicacions) que caldrien per als enginyers industrials en el context de la Indústria 4.0. Els resultats mostren que les habilitats tècniques relacionades

3. Es considera la transdisciplinarietat com una situació no òptima a causa del principi econòmic de cost d'oportunitat que, segons la teoria de «l'avantatge comparatiu», estableix que l'òptim s'obté quan cada actor concentra un determinat nivell d'esforç en les seves millors habilitats (*skills*).

amb la seguretat de la informació i les comunicacions (58%), la recopilació / emmagatzematge / preparació de dades (58%) i els algorismes (49%) són habilitats considerades molt útils o imprescindibles per als futurs enginyers industrials.

Si bé aquest estudi se centra a Alemanya i, per tant, no és representatiu de la realitat industrial del nostre país, sí que és indicatiu del fet que cal replantejar la formació tècnica, tant a nivell universitari com a nivell dels cicles formatius, tenint en compte les noves competències tècniques i les competències interpersonals que requereix la Indústria 4.0 i que s'han descrit anteriorment. En cas de no fer-ho, o de fer-ho només de manera parcial, correm el risc de frenar el ritme d'adopció d'aquestes tecnologies en el nostre teixit industrial i posar en perill la continuïtat de les empreses del nostre país.

### 3.4. Estudi dels perfils professionals en el sector del moble i la fusta

En la mateixa línia de les competències requerides per la Indústria 4.0, però centrat en el sector del moble i la fusta a Catalunya, el GENFIM (Fundació Centre de Difusió Tecnològica Fusta i Moble de Catalunya) ha publicat el 2019 un estudi sobre l'impacte de la transformació digital en la indústria del moble de fusta. Aquest informe s'ha realitzat en el marc del projecte europeu Digit-Fur [41] i presenta un mapeig de l'impacte sobre cadascuna de les tasques de cadascun dels perfils professionals actuals, tant de caràcter tècnic com de caràcter comercial, fent un mapeig amb les 9 tecnologies transformadores de la Indústria 4.0 proposades en el model del Boston Consulting Group, i també amb les 26 palanques de la Indústria 4.0 proposades en el model de McKinsey.

Fruit del treball realitzat, l'estudi conclou que de les 7 competències essencials identificades pel treballador de planta del sector del moble i la fusta, només 1 queda igual, 4 es modifiquen i 2 desapareixen. En canvi, pels directors comercials, de les 9 competències identificades, 2 queden iguals i 7 es modifiquen. En vista d'aquesta projecció, l'estudi fa recomanacions en l'àmbit de la formació, tant en els àmbits universitari com en el de la formació professional, i preveu l'aparició de nous perfils professionals, en particular el de «Cap de transformació digital» (en anglès, *Digital transformation manager*).

Com a continuació del projecte Digit-Fur, l'any 2019 s'ha posat en marxa el projecte europeu DITRAMA ([www.ditrama.eu](http://www.ditrama.eu)), que té per finalitat identificar i definir les habilitats i competències d'aquest nou perfil. El projecte tot just ha començat, però en el seu desenvolupament ja s'estan tractant conceptes com el bessó digital (de l'anglès, *digital twin*), la servitització i les plataformes col·laboratives, la innovació oberta i l'economia circular, entre altres. A més, segons el treball realitzat fins al moment, el perfil del DTM pot estar enquadrat en cada domini del C-Suite, de manera que la transformació digital de l'organització es pot fer simultàniament des de cada àrea mitjançant la col·laboració transversal dels diferents DTM, i no des d'una sola àrea comandada per un CDO, cosa que es correspon amb la necessitat de transversalitat.

## 4. Experts, grups de treball i eines de diagnosi

En aquesta secció s'analitza la figura dels experts i dels grups de treball en Indústria 4.0, que està donant lloc a l'aparició d'eines de diagnosi dirigides a les empreses i organitzacions, amb la finalitat de mesurar i avaluar la seva adopció. Finalment, s'analitza la relació entre les necessitats formatives i els diversos tipus de perfils professionals considerats.

#### 4.1. La figura de l'expert i dels grups de treball

La figura de l'expert ha ressorgit amb força en el marc de la Indústria 4.0 com a resultat de la construcció d'un cos de coneixement que combina les diferents disciplines de l'enginyeria per fer front al procés de transformació digital dels productes i dels processos. A més de participar com a actor principal del procés de transformació digital d'empreses del sector industrial, els experts també participen com a membres dels diferents grups de treball que s'han creat al voltant de la Indústria 4.0.

Segons l'informe de KPMG [9], l'any 2016 estaven identificats diversos grups de treball d'experts orientats al desenvolupament de la Indústria 4.0. El primer d'aquests va ser impulsat pel govern alemany per a preparar la iniciativa *Industrie 4.0*, presentada l'any 2013 a la cancellera Angela Merkel en el context de la Fira de Hannover. Des de llavors, les associacions empresarials alemanyes com la VDMA (Associació d'empreses d'enginyeria mecànica), la ZVEI (Associació d'empreses fabricants d'equips elèctrics i electrònics) o la Bitkom (Associació d'empreses d'informàtica i telecomunicacions) han continuat les tasques del grup de treball inicial [9], donant lloc a l'anomenada *Industrie 4.0 Plattform* que, a més, inclou l'administració pública, els sindicats, les empreses i les associacions professionals com la VDI (equivalent a l'enginyeria industrial) o la VDE (equivalent a les enginyeries d'informàtica i telecomunicacions). El segon grup d'experts és l'Industrial Internet Consortium (IIC) [9], entitat privada amb seu als Estats Units d'Amèrica que disposa d'una estructura de grups de treball d'àmbit global amb una potència similar a la de *Plattform* alemanya. Entre altres, l'IIC s'encarrega d'organitzar l'IOT Solutions World Congress, que se celebra anualment a Barcelona durant el mes d'octubre.

Tant la *Plattform* com l'IIC impulsen la formalització de la Indústria 4.0 mitjançant les denominades arquitectures de referència, que defineixen els components i la seva integració de manera agnòstica a les tecnologies. D'una banda, tenim la Reference Architecture Model Industry 4.0 (RAMI 4.0) [42], recollida com a estàndard IEC/PAS 60833 i, d'altra banda, tenim la Industrial Internet Reference Architecture (IIRA) [43]. A més, ambdues organitzacions han creat un grup de treball transversal per a definir un mapeig entre les dues arquitectures, facilitant que puguin utilitzar-se de manera complementària. Tenint en compte que per raons històriques RAMI 4.0 té arrels en el món OT i IIRA té arrels en el món IT (*Information technology*), aquesta unificació facilitarà la convergència IT/OT, que és un altre aspecte clau en l'adopció de la Indústria 4.0.

Finalment, en l'àmbit català cal destacar que l'any 2014 es va constituir la Comissió Indústria 4.0 formada inicialment per les associacions/col·legis professionals dels enginyers industrials, informàtics i de telecomunicacions, a la qual s'hi van afegir els enginyers agrònoms, els enginyers de camins i els enginyers químics i de nous materials [44]. Aquesta comissió compta amb els grups de treball de robòtica, IoT i sistemes encastrats, fabricació additiva, intralogística, *software* i integració, agricultura, intel·ligència artificial i de nous materials. En aquest període els grups de treball de la comissió han publicat diferents documents vinculats a la Indústria 4.0, com un *status report* [44], una guia d'adopció per PIMES i un document base per crear una eina de diagnosi.

#### 4.2. El rol dels fulls de ruta i de les eines de diagnosi

Els marcs de referència RAMI 4.0 i IIRA combinats amb els models d'adopció de les tecnologies permeten que la comunitat d'experts i els grups de treball puguin construir un discurs transversal consistent de la Indústria 4.0. Però només amb marcs de referència no n'hi ha prou per a avançar en el procés de transformació digital degut al fet que són conceptuals i agnòstics respecte a les tecnologies específiques. Així doncs, a fi d'arribar a la concreció, també han sorgit les eines de diagnosi i els fulls de ruta. D'una banda, les eines de diagnosi es defineixen com un qüestionari sobre la posició de les organitzacions respecte a un conjunt de palanques i un model conceptual que tradueix les respostes en resultats quantificables. D'altra banda, els fulls de ruta es defineixen com una successió en el temps de nivells d'intensitat en l'aplicació d'un conjunt de palanques prèviament seleccionades i prioritzades segons les necessitats de cada empresa.

L'aplicació dels fulls de ruta i les eines de diagnosi afavoreixen l'adopció de la Indústria 4.0, de manera que en els últims tres anys han aparegut diverses eines de diagnosi com la de l'Acatech [45], l'HADA del Ministeri d'In-



dústria, Comerç i Turisme [46] o la de PwC [47]. En general, però, aquestes eines són poc transparents, cosa que ha provocat que la comunitat d'experts no les hagi pogut utilitzar, comparar, combinar i fer evolucionar de forma oberta. Al seu torn, això ha dificultat enormement l'adopció de mètodes de definició i posada en pràctica de fulls de ruta mínimament consensuats.

Així doncs, amb l'objectiu de facilitar l'accés a aquestes eines de diagnosi, la Comissió Indústria 4.0 d'Enginyers de Catalunya va presentar l'octubre de 2018 una proposta oberta ([www.comissioindustria40.cat/documents](http://www.comissioindustria40.cat/documents)) que ha donat lloc a un qüestionari *online*. Aquest qüestionari es pot utilitzar com un instrument bàsic per a fer una primera reflexió sobre el grau d'adopció respecte a diverses palanques de la Indústria 4.0. A més a més, gràcies al fet que segueix un model obert, aquest qüestionari també ha servit com a base per a altres eines de diagnosi, com és el cas de l'Eina de Nivell de Maduresa Digital de la iniciativa Terrassa 4.0 ([www.terrassa.cat/eina-nivell-de-maduresa-digital](http://www.terrassa.cat/eina-nivell-de-maduresa-digital)).

### 4.3. La relació entre les necessitats formatives i els tipus de perfils professionals

En vista dels models i dels resultats dels diferents estudis que s'han presentat en aquest article, en la Taula 1 proposem un mapeig<sup>4</sup> entre els perfils professionals (tècnics, gestors, directius, experts i estudiants) i els nivells de l'empresa (estratègic, tàctic i operacional). L'objectiu d'aquesta taula és mostrar quines han de ser les línies d'actuació prioritàries en cada àmbit, i que han de permetre impulsar l'adopció de la Indústria 4.0 i superar els frens de manca de visió estratègica clara i la manca de perfils professionals amb la transversalitat adequada, accelerant així l'arribada del segon tram de la corba-S de forma generalitzada.

---

4. És important destacar que en alguns casos els diferents tipus de perfils es poden exercir de manera simultània. Per exemple, el perfil de tipus estudiant es pot exercir juntament amb altres de forma permanent sota un model de formació continuada.

Taula 1 - Relació necessitats formatives i tipus de perfils professionals

	Nivell estratègic	Nivell tàctic	Nivell operacional	Àmbit
<b>Tècnics</b>		Cal que adquireixin coneixements transversals per a poder combinar les diferents tecnologies.	Executen els fulls de ruta.  Actuen transversalment amb altres tècnics.	Organització
<b>Gestors</b>	Han de lluitar contra els «silos informatius i de coneixement» seguint les directrius dels directius.	Defineixen fulls de ruta.  Utilitzen eines de diagnosi i seguiment.	Supervisen i recolzen l'execució operacional dels fulls de ruta.  Actuen transversalment amb altres gestors.	
<b>Directius</b>	Han de lluitar contra els «silos organitzatius i de mentalitat».  Introdueixen transversalitat digital en el C-Suite.	Interpreten els resultats de les eines de diagnosi i seguiment.  Creen les condicions perquè es puguin definir fulls de ruta.	Recolzen a nivell tàctic l'execució dels fulls de ruta.	
<b>Experts</b>	Han de lluitar per a augmentar la seva transversalitat, més enllà de la seva expertesa en palanques específiques.  Assessoren organismes públics i organitzacions per a programes de desenvolupament..	Desenvolupen metodologies per a definir i seguir fulls de ruta.  Desenvolupen eines de diagnosi.	Participen en publicacions.  Realitzen tasques docents i participen en esdeveniments.  Promouen la transversalitat digital a tots els nivells (C-Suite, gestors, tècnics i estudiants).	Teixit industrial
<b>Estudiants</b>	Cal actualitzar la base comuna de les enginyeries basada en àlgebra, càlcul, física, química i dibuix tècnic als nous temps.	A causa de la falta d'aquests perfils, en l'actualitat els professionals de la indústria s'estan formant en programes de postgrau.	Fan pràctiques o treballs de fi d'estudis a empreses.	

De forma resumida, podem concloure que els perfils de tipus estudiant requereixen reorientació en quant a coneixements transversals (llevat dels programes de postgrau específics), el perfil directiu s'ha d'adaptar incorporant la transversalitat estratègica, el perfil de gestor de transformació digital és emergent i les seves funcions encara estan per definir, els perfils tècnics (tant d'enginyers com de formació professional) seran molt requerits però amb nous elements de transversalitat i, finalment, el perfil d'expert és emergent però, com a col·lectiu, encara actua amb poca transversalitat.

## Conclusions

Com hem vist, la relació causa efecte entre Indústria 4.0 i els perfils professionals és bidireccional, donant lloc a una situació de realimentació mútua. D'una banda, la Indústria 4.0 tindrà impacte en la majoria de perfils professionals, modificant la majoria de les seves competències, afegint-ne de noves i eliminant-ne algunes de les existents. A més a més, també es crearan nous perfils professionals de forma integral, com per exemple el de *Digital Transformation Manager*.

D'altra banda, els perfils professionals impactaran en la Indústria 4.0, ja que aquell teixit industrial que en disposi podrà transformar-se abans i amb garanties d'èxit, cosa que li permetrà seguir sent competitiu en un món global.

No obstant això, segons els estudis realitzats, encara no s'ha arribat de forma generalitzada al segon tram de la corba-S, en què es preveu l'entrada en una fase de forta acceleració, afectant les petites i mitjanes empreses, que representen el percentatge més alt del volum total d'empreses. Diversos estudis coincideixen en què els frens més importants per l'entrada en aquesta fase són la manca de visió estratègica clara i la manca de perfils professionals transversals adequats. Tenint en compte això, un dels grans reptes associats a la transformació en l'àmbit de la indústria és precisament la falta de perfils professionals que compreguin la tecnologia i, alhora, siguin capaços d'entendre la seva aplicació en l'àmbit concret.

Com a resultat de l'anàlisi realitzada, s'han identificat els següents desajustos entre els requeriments de la Indústria 4.0 i els perfils professionals existents actualment:

- Manca de tècnics i gestors amb els coneixements digitals i les competències transversals requerits per executar projectes de transformació digital.
- Manca de fonaments conceptuals digitals d'aplicació transversal en directius que han de liderar una transformació digital amb una visió estratègica clara.
- Manca d'eines disponibles creades o recolzades pels experts que permetin dissenyar i executar fulls de ruta d'adopció de la Indústria 4.0.
- Manca d'actualització de la base comuna en els plans d'estudi de les enginyeries que permeti tenir professionals amb els coneixements i les competències requerits.

A més, en aquest article s'han identificat les causes que relacionen aquesta dificultat en l'adopció de la Indústria 4.0 amb la qüestió dels perfils professionals, d'acord amb la distinció de cinc perfils professionals clau: directiu, gestor, tècnic, estudiant (formació reglada i formació contínua) i expert. De cada perfil s'han identificat les tasques que tenen incidència amb els dos frens més importants, a partir de les quals s'han identificat els desfasaments en quant a perfils professionals que ocasionen aquest fre, arribant a les conclusions següents:

- La manca d'eines de diagnosi transparents i compartides és una limitació en la transversalitat dels experts i és crítica, ja que frena que els directius puguin tenir una visió estratègica clara, condemnant-los a seguir avançant en l'adopció de les tecnologies de la Indústria 4.0 només amb proves pilot.
- La formació continuada, tant de postgrau com de capacitació professional, és la via més important per a modificar els perfils professionals existents en l'actualitat i per a crear els nous perfils requerits, mentre no s'actualitzin els plans d'estudis de les formacions reglades.
- El bessons digitals (*digital twins*) es perfilen com una eina clau per a desenvolupar la transversalitat en sentit ampli, tant en els àmbits formatiu com als nivells estratègic, tàctic i operacional de les organitzacions i del propi teixit industrial, a l'espera que es generalitzi la interoperabilitat entre ells.

## Bibliografia

- [1] WESTERMAN, G.; CALM JANE, C.; BONNET, D.; et al. (2011). «Digital transformation: A roadmap for billion-dollar organization». *MIT Center for Digital Business and Capgemini Consulting* [en línia].  
[https://www.capgemini.com/wp-content/uploads/2017/07/Digital\\_Transformation\\_\\_A\\_Road-Map\\_for\\_Billion-Dollar\\_Organizations.pdf](https://www.capgemini.com/wp-content/uploads/2017/07/Digital_Transformation__A_Road-Map_for_Billion-Dollar_Organizations.pdf)
- [2] GERBERT, P.; LORENZ, M.; RÜßMANN, M.; et al. (2015). «Man and Machine in Industry 4.0. How Will Technology Transform the Industrial Workforce Through 2025?». *The Boston Consulting Group* [en línia].  
[http://englishbulletin.adapt.it/wp-content/uploads/2015/10/BCG\\_Man\\_and\\_Machine\\_in\\_Industry\\_4\\_0\\_Sep\\_2015\\_tcm80-197250.pdf](http://englishbulletin.adapt.it/wp-content/uploads/2015/10/BCG_Man_and_Machine_in_Industry_4_0_Sep_2015_tcm80-197250.pdf)

- [3] KAGERMANN, H.; WAHLSTER, W.; HELBIG, J. (2013). «Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0: Final report of the Industrie 4.0 Working Group». *Acatech*. National Academy of Science and Engineering [en línia].  
<https://www.din.de/blob/76902/e8cac883f42bf28536e7e8165993f1fd/recommendations-for-implementing-industry-4-0-data.pdf>
- [4] INDUSTRIE 4.0 FORUM (2016). «Industrie 4.0 in practice: Solutions for industrial applications». *VDMA Industrie 4.0 newsletter*. Mechanical Engineering Industry Association, Germany [en línia].  
[https://industrie40.vdma.org/documents/4214230/26342484/Industrie\\_40\\_in\\_practice\\_2016\\_1529498623105.pdf/f5883098-521d-0b50-2a97-b1471ff13ace](https://industrie40.vdma.org/documents/4214230/26342484/Industrie_40_in_practice_2016_1529498623105.pdf/f5883098-521d-0b50-2a97-b1471ff13ace)
- [5] ROGERS, E. M. (1983). *Diffusion of Innovations*. (3a. Ed.) The Free Press. Nova York.
- [6] MCKINSEY & COMPANY (2015). «Industry 4.0: How to navigate digitization of the manufacturing sector». *McKinsey Digital* [en línia].  
[http://www.forschungsnetzwerk.at/downloadpub/mck\\_industry\\_40\\_report.pdf](http://www.forschungsnetzwerk.at/downloadpub/mck_industry_40_report.pdf)
- [7] DICKHOUT, R. (1997). «All I ever needed to know about change management I learned at engineering school». *McKinsey Quarterly* [en línia].  
<https://www.mckinsey.com/business-functions/organization/our-insights/all-i-ever-needed-to-know-about-change-management-i-learned-at-engineering-school>
- [8] PwC (2018). «Global Digital Operations 2018 Survey». *Strategy & Global* [en línia].  
<https://www.strategyand.pwc.com/industry4-0>
- [9] HEINITZ, H. V.; BREMICKER, M. (2016). «The Factory of the Future. Industry 4.0, The Challenges of Tomorrow». *KPMG* [en línia].  
<https://assets.kpmg/content/dam/kpmg/pdf/2016/05/factory-future-industry-4.0.pdf>
- [10] KROLL, H. et al. (2017). «An analysis of drivers, barriers and readiness factors of EU companies for adopting advanced manufacturing products and technologies». *Internal Market, Industry, Entrepreneurship and SMEs*. European Commission [en línia].  
[https://ec.europa.eu/growth/content/analysis-drivers-barriers-and-readiness-factors-eu-companies-adopting-advanced-1\\_en](https://ec.europa.eu/growth/content/analysis-drivers-barriers-and-readiness-factors-eu-companies-adopting-advanced-1_en)
- [11] GEHRKE, L. et al. (2015). «A Discussion of Qualifications and Skills in the Factory of the Future: A German and American Perspective». *White paper*. VDI/ASME [en línia].  
[https://www.vdi.de/ueber-uns/presse/publikationen/details?tx\\_vdiublications\\_publicationdetails%5Bpublication%5D=117](https://www.vdi.de/ueber-uns/presse/publikationen/details?tx_vdiublications_publicationdetails%5Bpublication%5D=117)
- [12] JENSENIUS, A. R. (2012). «Disciplinarity: intra, cross, multi, inter, trans» [en línia]. <http://www.arj.no/2012/03/12/disciplinarity-2>
- [13] STEMBER, M. (1991). «Advancing the social sciences through the interdisciplinary enterprise». *The Social Science Journal*. Vol. 28, núm. 1, pàg. 1-14.  
[https://doi.org/10.1016/0362-3319\(91\)90040-B](https://doi.org/10.1016/0362-3319(91)90040-B)
- [14] ANTHONY, G. i SCOTT MORTON, M. (1971). «A framework for management information systems». *Sloan Management Review*, núm. 13, pàg. 55-70.
- [15] TETT, G. (2015). *The Silo Effect*. Simon & Schuster [en línia].  
<https://www.theguardian.com/books/2015/oct/17/the-silo-effect-why-putting-everything-in-its-place-isnt-such-a-bright-idea-gillian-tett-review>
- [16] CONTROL ENGINEERING STAFF (2007). «Benefits suggested with convergence of IT, controls». *Control Engineering Daily News* [en línia].  
<https://www.controleng.com/articles/benefits-suggested-with-convergence-of-it-controls>
- [17] STOUFFER, K.; LIGHTMAN, S.; PILLITTERI, V. et al. (2015). «Guide to Industrial Control Systems (ICS) Security». *NIST Special Publication*, núm. 800-82. NIST National Institute of Standards and Technology [en línia].  
<https://csrc.nist.gov/publications/detail/sp/800-82/rev-2/final>  
<https://doi.org/10.6028/NIST.SP.800-82r2>
- [18] HARP, D. R.; GREGORY-BROWN, B. (2013). «IT/OT Convergence. Bridging the Divide». *Nex Defense Whitepaper* [en línia].  
<https://ics.sans.org/media/IT-OT-Convergence-NexDefense-Whitepaper.pdf>

- [19] STARK, R. et al. (2017). «Innovations in digital modelling for next generation manufacturing system design». *CIRP Annals*. Vol. 66, núm. 1, pàg. 169-172. ISSN 0007-8506.  
<https://doi.org/10.1016/j.cirp.2017.04.045>
- [20] NONAKA, I. (1994). «A dynamic theory of organizational knowledge creation». *Organization Science*. Vol. 5, núm. 1, pàg. 14-37 [en línia].  
<https://doi.org/10.1287/orsc.5.1.14>
- [21] WORLD ECONOMIC FORUM (2016). «The Future of Jobs. Employment, Skills and Workforce Strategy for the Fourth Industrial Revolution». *WEF*. Global Challenge Insight Report [en línia].  
[http://www3.weforum.org/docs/WEF\\_Future\\_of\\_Jobs.pdf](http://www3.weforum.org/docs/WEF_Future_of_Jobs.pdf)
- [22] WORLD ECONOMIC FORUM (2018). «The Next Economic Growth Engine: Scaling Fourth Industrial Revolution Technologies in Production». *WEF White paper* [en línia]. [http://www3.weforum.org/docs/WEF\\_Technology\\_and\\_Innovation\\_The\\_Next\\_Economic\\_Growth\\_Engine.pdf](http://www3.weforum.org/docs/WEF_Technology_and_Innovation_The_Next_Economic_Growth_Engine.pdf)
- [23] CÁMARA DE COMERCIO, INDUSTRIA, SERVICIOS Y NAVEGACIÓN DE ESPAÑA (2018). «España Empresa Digital - La digitalización como palanca de competitividad de la PYME». *TIC Cámaras*. Unió Europea. [en línia].  
[https://empresadigital.camara.es/sites/empresadigital.camara.es/files/generica/informe\\_espana\\_empresa\\_digital\\_0.pdf](https://empresadigital.camara.es/sites/empresadigital.camara.es/files/generica/informe_espana_empresa_digital_0.pdf)
- [24] AULBUR, W.; ARVIND, C.J.; BIGGHE, R. (2016). «Skill Development for Industry 4.0». *Roland Berger* [en línia].  
<http://www.globalskillsummit.com/whitepaper-summary.pdf>
- [25] ANDERL, R.; FLEISCHER, J. (2016). «Guideline Industrie 4.0: Guiding principles for the implementation of Industrie 4.0 in small and medium sized businesses». *VDMA Industrie 4.0 Forum* [en línia].  
<https://industrie40.vdma.org/documents/4214230/0/Guideline%20Industrie%204.0.pdf/70abd403-cb04-418a-b20f-76d6d3490c05>
- [26] HARRIS, P.; HENDRICKS, M.; LOGAN, E. A.; JURAS, P. (2018). «A reality check for today's C-suite on Industry 4.0. The time for experimentation is ending». *KPMG* [en línia].  
<https://home.kpmg/xx/en/home/insights/2018/11/a-reality-check-for-c-suite-leaders-on-industry-4-0.html>
- [27] DIANA, F. (2015). «Disruptive Power Lies at the Intersections». *Frank Diana's Blog* [en línia].  
<https://frankdiana.net/2015/05/18/disruptive-power-lies-at-the-intersections>
- [28] FREY, C. B.; OSBORNE M. A. (2017). «The future of employment: How susceptible are jobs to computerisation?». *Technological Forecasting and Social Change*, vol. 114, núm. C, pàg. 254-280 [en línia].  
<https://doi.org/10.1016/j.techfore.2016.08.019>
- [29] ARNTZ, M.; GREGORY, T.; ZIERAHN, U. (2016). «The Risk of Automation for Jobs in OECD Countries: A Comparative Analysis». *OECD Social, Employment and Migration Working Papers*, núm. 189. OECD Publishing. París [en línia].  
<https://doi.org/10.1787/5jlz9h56dvq7-en>
- [30] MANYIKA, J.; CHUI, M.; MIREMADI, M. et al. (2017). «A Future that Works: Automation, Employment and Productivity». *McKinsey Global Institute* [en línia].  
<https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/featured%20insights/Digital%20Disruption/Harnessing%20automation%20for%20a%20future%20that%20works/MGI-A-future-that-works-Executive-summary.ashx>
- [31] MORRÓN, A. (2016). «Arribarà la Quarta Revolució Industrial a Espanya?» IM02. Dossier: Les noves tecnologies i el mercat de treball. Caixabank Research [en línia].  
<https://www.caixabankresearch.com/ca/llegara-la-cuarta-revolucion-industrial-a-espana-d3>
- [32] WORLD ECONOMIC FORUM (2018). «The Future of Jobs Report 2018». *WEF*. <https://www.weforum.org/reports/the-future-of-jobs-report-2018>
- [33] MANYIKA, J.; LUND, S.; CHUI, M. et al. (2017). «Jobs Lost, Jobs Gained: Workforce Transitions in a time of Automation». *McKinsey Global Institute*.  
<https://www.mckinsey.com/featured-insights/future-of-work/jobs-lost-jobs-gained-what-the-future-of-work-will-mean-for-jobs-skills-and-wages>
- [34] VOGLER-LUDWIG, K.; DÜLL, N.; KRIECHEL, B. (2016). «The German labour market 2030. Economy and labour market in the digital age – Forecast 2016». *Economix Research and Consulting*.

- [https://www.researchgate.net/publication/316829962\\_The\\_German\\_Labour\\_Market\\_2030\\_-\\_Economy\\_and\\_Labour\\_Market\\_in\\_the\\_Digital\\_Age\\_-\\_Forecast\\_2016](https://www.researchgate.net/publication/316829962_The_German_Labour_Market_2030_-_Economy_and_Labour_Market_in_the_Digital_Age_-_Forecast_2016)
- [35] FONTRODONA, J.; MORRÓN, A.; CASTANY, L. (2018). «L'impacte laboral de la Indústria 4.0 a Catalunya». *Papers de l'Observatori de la Indústria*, núm. 3. Departament d'Empresa i Coneixement. Generalitat de Catalunya [en línia].  
[https://www.accio.gencat.cat/web/.content/bancconeixement/documents/altres\\_publicacions/03\\_papers\\_observatori\\_industria\\_40.pdf](https://www.accio.gencat.cat/web/.content/bancconeixement/documents/altres_publicacions/03_papers_observatori_industria_40.pdf)
- [36] COONEY, M. (2012). «Gartner: Do you have a Chief Digital Officer? You're gonna need one». *Network World* [en línia].  
<https://www.networkworld.com/article/2223365/gartner--do-you-have-a-chief-digital-officer---you-re-gonna-need-one.html>
- [37] HARRY, A. (2017) «C-Level Executives Mailing List: CEO, CFO, COO, CMO, CTO, CIO, CAO, CXO, CBO, CDO, CISO, CHRO, CSO, CLO, CPO and more...». *Medium Corporation* [en línia].  
<https://medium.com/@addisonharry7/c-level-executives-mailing-list-ceo-cfo-coo-cmo-cto-cio-cao-cxo-cbo-cdo-ciso-chro-cso-clo-e3f64b1c54dd>
- [38] PÉLADEAU, P.; ACKER, O. (2019) «Have we reached “peak” chief digital officer?». *Tech & Innovation* [en línia].  
<https://www.strategyand.pwc.com/cdo>
- [39] GREENBAUM, K. (2019). «How Five C-Suite Roles Are Being Reshaped By Business 4.0». *Forbes* [en línia].  
<https://www.forbes.com/sites/forbeshumanresourcescouncil/2019/02/08/how-five-c-suite-roles-are-being-reshaped-by-business-4-0/#4ca602dc264c>
- [40] IMPULS (2019). «Engineers for Industrie 4.0». *VDMA*. IMPULS Foundation for mechanical engineering, plant engineering, and information technology [en línia].  
[https://bildung.vdma.org/documents/14969637/30466795/IMPULS%2520compact\\_english.pdf/fed4ab19-d5be-5c35-d54b-6fb12ae0d280](https://bildung.vdma.org/documents/14969637/30466795/IMPULS%2520compact_english.pdf/fed4ab19-d5be-5c35-d54b-6fb12ae0d280)
- [41] RUMIGNANI, M.; RODRIGO, J.; SOLANA, J. (2019). «Impactos de la transformación digital en la industria del mueble de madera». *Digit-Fur* [en línia].  
[http://asmadera.com/wp-content/uploads/2019/02/Impactos-de-la-transformaci%C3%B3n-digital-en-la-industria-del-mueble-de-madera\\_Febrero-2019.pdf](http://asmadera.com/wp-content/uploads/2019/02/Impactos-de-la-transformaci%C3%B3n-digital-en-la-industria-del-mueble-de-madera_Febrero-2019.pdf)
- [42] ADOLPHS, P.; EPPLE, U. (2015). «GMA Status Report: Reference Architecture Model Industrie 4.0 (RAMI 4.0)». *VDI/VDE/ZVEI* [en línia].  
<https://www.zvei.org/en/press-media/publications/gma-status-report-reference-architecture-model-industrie-40-rami-40>.
- [43] LIN, S-W.; MILLER, B.; DURAND, J. et al. (2019) «The Industrial Internet of Things. Volume G1: Reference Architecture». *Industrial Internet Consortium* [en línia]. <https://www.iiconsortium.org/IIRA.htm>.
- [44] COMISSIÓ INDÚSTRIA 4.0 (2017). Indústria 4.0. *Status Report*. Col·legis d'enginyers de Catalunya [en línia].  
<https://www.comissioindustria40.cat/documents>.
- [45] SCHUH, G.; ANDERL, R.; GAUSEMEIER, J. et al. (ed.) (2017). «Industrie 4.0 Maturity Index». *Acatech Study* [en línia].  
[https://www.acatech.de/wp-content/uploads/2018/03/acatech\\_STUDIE\\_Maturity\\_Index\\_eng\\_WEB.pdf](https://www.acatech.de/wp-content/uploads/2018/03/acatech_STUDIE_Maturity_Index_eng_WEB.pdf)
- [46] Ministerio de Industria, Comercio y Turismo. HADA - Herramienta de Autodiagnóstico Digital Avanzada [en línia].  
<https://hada.industriaconectada40.gob.es/hada/register>
- [47] PwC. Industry 4.0 - Enabling Digital Operations. Self Assessment [en línia].  
<https://i40-self-assessment.pwc.de/i40/landing>



---

**Citació recomanada:** PI PALOMÉS, Xavier; TUSET PEIRÓ, Pere. Els nous perfils professionals en el marc de la Indústria 4.0. *Oikonomics* [en línia]. Novembre 2019, n. 12, pp. 1-17. ISSN: 2339-9546. DOI: <https://doi.org/10.7238/o.n12.1912>

---



**Xavier Pi Palomés**

**Co-director del Màster en Indústria 4.0. Universitat Politècnica de Catalunya**

[xpi@enginyers.net](mailto:xpi@enginyers.net)

Enginyer Industrial per la Universitat Politècnica de Catalunya (1988). Actualment és professor i co-director del Màster en Indústria 4.0 de la UPC School i professor col·laborador del Màster en Indústria 4.0, impartit conjuntament pels Estudis d'Informàtica, Multimèdia i Telecomunicació de la Universitat Oberta de Catalunya i l'Escola Politècnica Superior TecnoCampus, centre adscrit a la Universitat Pompeu Fabra. És membre de la Comissió Indústria 4.0 d'Enginyers de Catalunya.



**Pere Tuset-Peiró**

**Co-director del Màster en Indústria 4.0. Universitat Oberta de Catalunya (UOC)**

[peretuset@uoc.edu](mailto:peretuset@uoc.edu)

Enginyer de Telecomunicació per la Universitat Politècnica de Catalunya (2011) i Doctor en Tecnologies de la Informació i les Comunicacions per la Universitat Oberta de Catalunya (2015). Actualment és professor i co-director del Màster en Indústria 4.0, impartit conjuntament pels Estudis d'Informàtica, Multimèdia i Telecomunicació de la Universitat Oberta de Catalunya i l'Escola Politècnica Superior TecnoCampus, centre adscrit a la Universitat Pompeu Fabra.

Els textos publicats en aquesta revista estan subjectes –llevat que s'indiqui el contrari– a una llicència de Reconeixement 4.0 Internacional de Creative Commons. Podeu copiar-los, distribuir-los, comunicar-los públicament i fer-ne obres derivades sempre que reconegueu els crèdits de les obres (autoria, nom de la revista, institució editora) de la manera especificada pels autors o per la revista. La llicència completa es pot consultar a <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ca>.



**Dossier «Revolució 4.0: progrés o precarització?»**

**Coordinador: Josep Lladós**

GOVERNANÇA INTEL·LIGENT

## **Reptes i oportunitats de l'ús de la intel·ligència artificial a les administracions públiques**

**Agustí Cerrillo i Martínez**

Catedràtic de Dret Administratiu dels Estudis de Dret i Ciència Política (UOC)

**RESUM** La moda de la intel·ligència artificial està arribant a les administracions públiques, tot i que ho està fent a un ritme més lent que en altres sectors. Avui ja hi ha algunes administracions públiques que usen la intel·ligència artificial en l'anàlisi de dades, la presa de decisions, la detecció de frau i irregularitats o la prestació de serveis públics. L'ús de la intel·ligència artificial genera nombrosos reptes a les administracions públiques que cal abordar, com ara l'opacitat, els biaixos i la discriminació, la minva de les garanties en la tramitació dels procediments administratius, la responsabilitat pels danys causats per l'ús de la intel·ligència artificial o el seu impacte en l'ocupació pública. La intel·ligència artificial és un dels fonaments de la governança intel·ligent que ha de comprendre totes les persones per contribuir a un desenvolupament sostenible.

**PARAULES CLAU** intel·ligència artificial; administració pública; algorismes; dades

### *Challenges and opportunities in the use of artificial intelligence in public administration*

**ABSTRACT** *The trend of artificial intelligence is arriving in public administrations, even if this is happening at a slower pace than in other sectors. Today, there are already some public administrations which use artificial intelligence in data analysis, decision-making, fraud detection and irregularities, and the provision of public services. The use of artificial intelligence creates a number of challenges for public administrations that need to be addressed, such as the current lack of transparency, the biases and discrimination, the decrease in guarantees in the processing of administrative procedures, the responsibility for damages caused by the use of artificial intelligence, and its impact on public employment. Artificial intelligence is one of the foundations of intelligent governance; it must include all people in order to contribute to a sustainable development.*

**KEYWORDS** *artificial intelligence; public administration; algorithms; data*

## Introducció

La intel·ligència artificial ha estat identificada com una de les cinc tecnologies disruptives que ha de transformar les nostres societats en els propers anys (United States Government Accountability Office, 2018, 26) i ha d'impulsar el creixement econòmic i el progrés social (Executive Office of the President National Science and Technology Council Committee on Technology 2016, 3).

La intel·ligència artificial persegueix atribuir als ordinadors la capacitat de realitzar accions que serien considerades intel·ligents si fossin desenvolupades per persones en emular les facultats humanes en màquines (Kaplan, 2017, 1). Avui en dia, la intel·ligència artificial ja té nombroses aplicacions, tant en el pla econòmic com el social a través d'aplicacions tan diverses com la traducció de textos, la conducció de vehicles sense conductor, la producció de béns a través de robots o el reconeixement automàtic d'imatges.

La moda de la intel·ligència artificial també està arribant a les administracions públiques. Si bé encara no ho està fent amb la força d'un tsunami, com s'ha observat en altres sectors (Partnership for Public Service and IBM Center for The Business of Government, 2018; Valero Torrijos, 2019), no podem ignorar els usos que la intel·ligència artificial ja té en la presa de decisions i en la prestació dels serveis públics. Tampoc no podem desconèixer el potencial que pot tenir en el funcionament de les administracions públiques en els propers anys. A les pàgines següents exposarem algunes de les aplicacions que la intel·ligència artificial ja està tenint.

A més dels usos que les mateixes administracions públiques poden fer de la intel·ligència artificial, aquestes també poden contribuir significativament a l'impuls de la intel·ligència artificial. En els darrers anys, diferents institucions han participat activament en l'impuls del desenvolupament de la indústria de la intel·ligència artificial a través de diverses estratègies sobre intel·ligència artificial. En aquesta direcció podem referir-nos a la Comissió Europea, amb la comunicació *Generar confiança en la intel·ligència artificial centrada en el ser humà*; el govern d'Espanya, amb l'Estratègia espanyola d'R+D+I en intel·ligència artificial, o el govern de la Generalitat de Catalunya, amb el Pla estratègic d'intel·ligència artificial 'Catalonia.AI'. Aquests documents comparteixen la diagnosi sobre el paper de la intel·ligència artificial en el futur més proper, defineixen diversos objectius estratègics i identifiquen les aportacions que hi poden fer les institucions públiques<sup>1</sup>.

En particular, una de les contribucions de les administracions públiques al desenvolupament de la intel·ligència artificial és posant a disposició de la indústria i de la societat les seves dades. A l'efecte, no podem desconèixer que les dades són el nou or o el petroli del segle XXI (Mayer-Schönberger i Cukier, 2013; *The Economist*, 2017), sobre el qual es basa el desenvolupament actual de la intel·ligència artificial, i que les administracions públiques disposen de grans volums de dades que generen en el desenvolupament de la seva activitat que poden alimentar els algorismes (Commission Staff Working, 2018). Com ha posat de manifest la Comissió Europea, «la innovació basada en les dades és un motor fonamental de creixement i ocupació que pot impulsar significativament la competitivitat europea en el mercat mundial [...] l'ús intel·ligent de les dades té un efecte transformador en tots els sectors de l'economia i el sector públic» (Comissió Europea, 2018).

Tanmateix, no podem menystenir els riscos que l'extensió de la intel·ligència artificial està generant entre les institucions públiques. Posteriorment ens hi referirem breument. Per respondre a aquests reptes les administracions públiques han d'adoptar les mesures que, més enllà de garantir la seguretat jurídica, facilitin la innovació pública a través de la incorporació de la intel·ligència artificial en el seu funcionament. En aquesta direcció serà necessari que les administracions públiques no només incorporin aquestes tecnologies sinó que també es dotin d'un marc adequat que superi la regulació vigent de l'ús dels mitjans electrònics més propi d'altres moments tecnològics (Valero Torrijos, 2019).

1. Documents accessibles a: <https://ec.europa.eu/transparency/regdoc/rep/1/2019/es/com-2019-168-f1-es-main-part-1.pdf>; [http://www.ciencia.gob.es/stfls/micinn/ciencia/ficheros/estrategia\\_inteligencia\\_artificial\\_idi.pdf](http://www.ciencia.gob.es/stfls/micinn/ciencia/ficheros/estrategia_inteligencia_artificial_idi.pdf) [Consulta juliol 2019].

A les pàgines següents exposarem quines oportunitats pot oferir la intel·ligència artificial a les administracions públiques i quins reptes pot generar la seva extensió a les mateixes administracions públiques. Finalment, a mode de conclusió, indicarem l'impacte que la intel·ligència artificial pot tenir en la gestió de les administracions públiques.

## 1. Les oportunitats de la intel·ligència artificial a les administracions públiques

La intel·ligència artificial ja està tenint alguns usos en les administracions públiques i en un futur encara tindrà un impacte més gran (Eggers *et al.*, 2018, 3) transformant el seu funcionament i la manera com desenvolupa la seva activitat (Partnership for Public Service and IBM Center for The Business of Government, 2018, 1).

Actualment, les administracions públiques espanyoles estan mitjanament preparades per incorporar la intel·ligència artificial, segons el *Government Artificial Intelligence Readiness Index 2019*, que la situa en la posició 36 a escala mundial.<sup>2</sup> De fet, no podem desconèixer que el seu ús encara és limitat a les nostres administracions públiques (Maciejewski, 2017).

Això no obstant, ja trobem diferents usos que les administracions públiques estan donant a la intel·ligència artificial en el seu funcionament i en la prestació dels serveis públics. A continuació fem una breu referència a alguns d'ells.

En primer lloc, les administracions públiques estan emprant la intel·ligència artificial per analitzar les dades que estan a la seva disposició. Així, trobem administracions públiques que utilitzen algoritmes per predir el risc d'incendis als edificis (Atlanta) o als boscos (Ministeri d'Agricultura) o per identificar els locals que han de ser inspeccionats (Las Vegas o Chicago) o policies que estan usant algoritmes per detectar denúncies falses (Predipol).

En segon lloc, les administracions públiques utilitzen el processament del llenguatge natural i els algoritmes d'aprenentatge automàtic per relacionar-se amb la ciutadania. En aquesta direcció, hi ha administracions públiques que fan servir sistemes de resposta automatitzada a preguntes formulades en llenguatge natural o sistemes de diàleg a partir del reconeixement de la veu per prestar els serveis d'atenció, assessorament i informació a la ciutadania. Per exemple, els U.S. Citizenship and Immigration Services donen resposta a les preguntes formulades per la ciutadania a través d'un *chatbot* (Emma) o revisen les sol·licituds formulades per la ciutadania (Portal Federal Business Opportunities).

En tercer lloc, les administracions públiques usen la intel·ligència artificial per personalitzar els serveis públics. Així, algunes administracions públiques estan començant a treballar en la personalització dels serveis públics amb l'elaboració de perfils a partir del comportament dels usuaris i l'anàlisi de les dades personals de la ciutadania (per exemple, el projecte MyGov Social del Consorci Administració Oberta de Catalunya).

En quart lloc, les administracions públiques ja estan començant a utilitzar la intel·ligència artificial en el procés de presa de decisions per donar suport, per exemple, a la policia a través de sistemes de predicció (Predpol) o als responsables de presons per determinar els permisos de sortida o la llibertat condicional dels reclusos (RisCanvi). També per prendre decisions com ara l'atorgament de subvencions o l'avaluació del professorat de les escoles públiques (Nova York).

En cinquè lloc, les administracions públiques també usen la intel·ligència per detectar frau i casos de corrupció. Com a exemples podem referir-nos a l'eina de lluita contra el frau de l'Oficina Nacional de Lluita contra el Fraude de l'Organisme Autònom de la Inspecció de Treball i Seguretat Social i Ocupació o al sistema d'alertes contra la corrupció de l'Administració de la Comunitat Valenciana.

Finalment, la intel·ligència artificial també és el fonament de la prestació de determinats serveis públics com ara el transport, la seguretat, la sanitat o els serveis socials.

---

2. <https://www.oxfordinsights.com/ai-readiness2019> [consulta: juliol 2019]. De tota manera, no podem desconèixer que en l'edició de 2017 Espanya se situava en el dotzè lloc.

## 2. Els reptes de la intel·ligència artificial per a les administracions públiques

L'ús de la intel·ligència artificial genera nombrosos reptes a les administracions públiques.

En primer lloc, les administracions públiques han de garantir la transparència dels algorismes. En aquest sentit, no podem desconèixer que la intel·ligència artificial pot generar opacitat a les administracions públiques (Cerrillo i Martínez, 2019). En efecte, a mesura que es va incrementant la complexitat tècnica de la intel·ligència artificial (per exemple, a través de l'aprenentatge automàtic –*machinelearning*– o les xarxes neuronals), és més complex, si no impossible, saber com funcionen els algorismes o quines dades utilitzen, de manera que es dona lloc al que es coneix com a caixes negres (*black boxes*) (Diakopoulos, 2014, 14; Pasquale, 2015). A més, en ocasions l'opacitat de l'algoritme es deu a la voluntat de reservar el seu contingut per protegir altres interessos, com ara els secrets empresarials dels seus dissenyadors o la competitivitat dels seus productors (Brauneis i Goodman, 2017). També per evitar que el coneixement de com funciona l'algoritme permeti eludir-ne l'aplicació o per garantir la confidencialitat en la presa de decisions públiques. Per donar resposta a l'opacitat, les administracions públiques poden adoptar diferents mesures, com publicar informació sobre els algorismes i el seu funcionament o utilitzar programari obert en el seu disseny o declarar-lo de fonts obertes. En darrera instància, poden donar una explicació sobre com funcionen els algorismes i les dades que usen i una motivació dels resultats obtinguts (Lepri *et al.*, 2017).

En segon lloc, les administracions públiques han de reduir l'impacte negatiu que l'ús de la intel·ligència artificial a les administracions públiques pot tenir en la protecció de les dades personals i la privacitat de les persones (Crawford i Schultz, 2014). Les administracions públiques poden usar els algorismes per prendre decisions automatitzades i elaborar perfils de les persones sense el seu consentiment o el seu coneixement. Per evitar els perjudicis que aquestes actuacions poden generar, el Reglament (UE) 2016/679 del Parlament i del Consell, de 27 d'abril de 2016, relatiu a la protecció de les persones físiques pel que fa al tractament de dades personals i a la lliure circulació d'aquestes dades i pel qual es deroga la Directiva 95/46/CE (Reglament general de protecció de dades), reconeix el dret de tota persona de no ser objecte d'una decisió basada únicament en el tractament automatitzat, incloent-hi l'elaboració de perfils, que li produeixi efectes jurídics o l'afecti significativament de manera similar, excepte quan estigui autoritzada pel dret de la Unió o dels estats membres, que s'apliqui al responsable del tractament i que estableixi així mateix mesures adequades per salvaguardar els drets i llibertats i els interessos legítims de l'interessat o es basi en el consentiment explícit de l'interessat (Edwards i Veale, 2017; Wachter *et al.*, 2017).<sup>3</sup>

En tercer lloc, les administracions públiques han d'evitar els biaixos i les discriminacions en les decisions que prenen les administracions públiques. No podem obviar que en els darrers anys hem tingut coneixement de casos de discriminació generades per algorismes utilitzats per aplicacions com GooglePhotos o Twitter.<sup>4</sup> Els biaixos i les discriminacions poden trobar-se en els algorismes o poden sorgir per les dades utilitzades que no tenen la qualitat necessària o contenen errors. Per evitar aquestes situacions, les administracions públiques poden adoptar mesures diverses, com ara garantir la qualitat les dades que s'utilitzen, fomentar la participació dels interessats en el disseny dels algorismes, elaborar anàlisis de riscos o realitzar auditories (Lepri, Oliver, Letouzé, Pentland i Vinck, 2017; Mantelero, 2018).

En quart lloc, les administracions públiques han de reforçar les garanties dels interessats en la presa de decisions basades en algorismes particularment quan ens trobem davant decisions discrecionals. En aquesta direcció, Ponce reclama que, per raons d'oportunitat, es reservi la presa de determinades decisions als humans, que es faci una *reserva d'humanitat* (Ponce Solé, 2019).

3. Article 22. Reglament general de protecció de dades.

4. Ens referim a casos com els que s'expliquen a la notícia «Google arregla su algoritmo 'racista' borrando a los gorilas» (2018). *El País*, 15 de gener, en què s'explica que l'algoritme de Google Photos confonia persones negres amb simis; o «Microsoft retira un robot que hizo comentarios racistas en Twitter» (2016). *El País*, 24 de març, en què s'informa sobre el *chatbot* Tay de Twitter que va aprendre conductes racistes, sexistes i xenòfobes d'altres usuaris.

En cinquè lloc, les administracions públiques han d'aclarir el règim de responsabilitat pels danys que pugui generar l'ús de la intel·ligència artificial a les administracions públiques. En aquest sentit, no podem desconèixer el debat entre els juristes sobre qui ha de reparar els danys causats per robots o altres màquines basades en la intel·ligència artificial. En l'àmbit administratiu bona part dels problemes detectats no tenen lloc pel caràcter objectiu de la responsabilitat patrimonial tot i les necessàries limitacions en l'aplicació d'aquest règim quan els danys generats pels algorismes no s'han pogut prevenir o evitar segons l'estat dels coneixements de la ciència o de la tècnica existents en el moment de la seva producció o quan existeix una concurrència de causes.

En darrera instància, les administracions públiques han de reflexionar sobre l'impacte que l'ús de la intel·ligència artificial tindrà en l'ocupació pública. Així doncs, cal tenir present que diversos estudis ja indiquen que el 47% dels treballs actuals estan en alt risc de ser automatitzats en els pròxims 10 o 20 anys per la incorporació de la intel·ligència artificial (Frey i Osborne, 2017), fet que pot provocar que a l'Administració pública acabin desapareixent nombrosos llocs de treball en àrees molt diverses. Malgrat això, també es generaran noves professions (Kaplan, 2017, p. 120-121), es reforçaran determinades competències de les persones i s'exigiran nous perfils professionals (Ramíó Matas, 2018, p. 403-404), cosa que exigirà nous sistemes de selecció i de gestió (Galindo Caldés, 2019).

### 3. Reflexions finals: vers la governança intel·ligent

La intel·ligència artificial pot contribuir activament a millorar l'anàlisi de les dades que genera l'activitat de les administracions públiques per incrementar la qualitat de la presa de decisions públiques i l'eficàcia de les polítiques públiques, així com per millorar prestació dels serveis públics.

La intel·ligència artificial és un dels fonaments de la governança intel·ligent, un nou model de gestió pública que persegueix que les administracions públiques puguin servir la ciutadania de manera més ràpida i precisa (Executive Office of the President National Science and Technology Council Committee on Technology, 2016). Aquest model de gestió pública ha de permetre a les administracions públiques que puguin millorar la seva actuació i establir nous canals de relació amb la ciutadania i les empreses per obtenir millors resultats i més obertura i rendició de comptes a través de l'anàlisi i l'ús de la informació que està en el seu poder (Cerrillo i Martínez, 2018).

Perquè les aportacions de la intel·ligència artificial a les administracions públiques siguin el fonament d'una autèntica transformació cal garantir que compreguin totes les persones perquè puguin contribuir activament a la construcció d'un desenvolupament sostenible (United Nations Secretary-General's Independent Expert Advisory Group on a Data Revolution for Sustainable Development, 2014). Alhora, és necessari que s'adoptin les mesures necessàries per garantir la seguretat, jurídica i tècnica, en un context d'innovació (Valero Torrijos, 2019).

## Bibliografia

- BRAUNEIS, R.; GOODMAN, E.P. (2017). «Algorithmic transparency for the smart city». *Yale Journal of Law & Technology*. 20, 104-176. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3012499>
- CERRILLO I MARTÍNEZ, A. (2018). «Datos masivos y datos abiertos para una gobernanza inteligente». *El profesional de la información*. 27(5), 1128-1135. <https://doi.org/10.3145/epi.2018.sep.16>
- CERRILLO I MARTÍNEZ, A. (2019). «Com obrir les caixes negres de les administracions públiques? Transparència i rendició de comptes en l'ús dels algorismes». *Revista Catalana de Dret Públic*. 56, 13-28.
- COMISSIÓ EUROPEA (2018). *Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones. Hacia un espacio común europeo de datos*. Brussel·les.
- COMMISSION STAFF WORKING (2018). *Document Impact Assessment accompanying the document Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council on the re-use of public sector information*.



- CRAWFORD, K.; SCHULTZ, J. (2014). «Big data and due process: Toward a framework to redress predictive privacy harms». *Boston College Law Review*. 55, 93-128.
- DIAKOPOULOS, N. (2014). «Algorithmic-Accountability: the investigation of Black Boxes». *Tow Center for Digital Journalism*. <https://doi.org/10.1080/21670811.2014.976411>
- EDWARDS, L.; M. VEALE (2017). «Slave to the Algorithm: Why a Right to an Explanation Is Probably Not the Remedy You Are Looking for». *Duke Law & Technology Review*. 16, 18-84. <https://doi.org/10.31228/osf.io/97upg>
- EGGERS, W.D.; SCHATSKY, D.; VIECHNICKI, P. (2018). «AI-augmented government. Using cognitive technologies to redesign public sector work». *Deloitte University Press*.
- EXECUTIVE OFFICE OF THE PRESIDENT NATIONAL SCIENCE AND TECHNOLOGY COUNCIL COMMITTEE ON TECHNOLOGY (2016). *Preparing for the Future of Artificial Intelligence*. Washington, DC.
- FREY, C.B.; OSBORNE, M.A. (2017). «The future of employment: how susceptible are jobs to computerisation? Technological forecasting and social change». *Elsevier*. 114, 254-280. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2016.08.019>
- GALINDO CALDÉS, R. (2019). «Big data e inteligencia artificial en la gestión de los recursos humanos del sector público». *Revista Catalana de Dret Públic*. 58, 49-63.
- KAPLAN, J. (2017). *Inteligencia artificial. Lo que todo el mundo debe saber*. Saragossa: Teell.
- LEPRI, B.; OLIVER, N.; LETOUZÉ, E.; PENTLAND, A., *et al.* (2017). «Fair, Transparent, and Accountable Algorithmic Decision-making Processes». *Philosophy & Technology*. 31(3), 1-17. <https://doi.org/10.1007/s13347-017-0279-x>
- MACIEJEWSKI, M. (2017). «To do more, better, faster and more cheaply: using big data in public administration». *International Review of Administrative Sciences*. 83, 120-135. <https://doi.org/10.1177/0020852316640058>
- MANTELERO, A. (2018). «AI and Big Data: A blueprint for a human rights, social and ethical impact assessment». *Computer Law & Security Review*. 34(4), 754-772. <https://doi.org/10.1016/j.clsr.2018.05.017>
- MAYER-SCHÖNBERGER, V.; CUKIER, K. (2013). *Big data. La revolución de los datos masivos*. Madrid: Turner.
- PARTNERSHIP FOR PUBLIC SERVICE AND IBM CENTER FOR THE BUSINESS OF GOVERNMENT (2018). *The future has begun. Using artificial intelligence to transform government*. Washington.
- PASQUALE, F. (2015). *The Black Box Society: The Secret Algorithms That Control Money and Information*. Cambridge, MA: Harvard University Press. <https://doi.org/10.4159/harvard.9780674736061>
- PONCE SOLÉ, J. (2019). «Inteligencia artificial, Derecho administrativo y reserva de humanidad: algoritmos y procedimiento administrativo debido tecnológico». *Revista General de Derecho Administrativo*. 50.
- RAMIÓ MATAS, C. (2018). «El impacto de la inteligencia artificial y de la robótica en el empleo público». *GIGAPP Estudios Working Papers*. 98, 401-421.
- THE ECONOMIST (2017). «Data is giving rise to a new economy. How is it shaping up?». *The Economist* (6 maig).
- UNITED NATIONS SECRETARY-GENERAL'S INDEPENDENT EXPERT ADVISORY GROUP ON A DATA REVOLUTION FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT (2014). *A World That Counts: Mobilising The Data Revolution for Sustainable Development*.
- UNITED STATES GOVERNMENT ACCOUNTABILITY OFFICE (2018). *Trends affecting Government and Society*. Washington.
- VALERO TORRIJOS, J. (2019). «Las garantías jurídicas de la inteligencia artificial en la actividad administrativa desde la perspectiva de la buena administración». *Revista Catalana de Dret Públic*. 58, 82-96.
- WACHTER, S.; MITTELSTADT, B.; FLORIDI, L. (2017). «Why a right to explanation of automated decision-making does not exist in the general data protection regulation». *International Data Privacy Law*. 7(2), 76-99. <https://doi.org/10.1093/idpl/ix005>

---

**Citació recomanada:** CERRILLO MARTÍNEZ, Agustí. Reptes i oportunitats de l'ús de la intel·ligència artificial a les administracions públiques. *Oikonomics* [en línia]. Novembre 2019, n. 12, pp. 1-7. ISSN: 2339-9546. DOI: <https://doi.org/10.7238/o.n12.1913>

---



**Agustí Cerrillo i Martínez**

acerrillo@uoc.edu

**Estudis de Dret i Ciències Polítiques de la UOC**

**Catedràtic de Dret Administratiu a la Universitat Oberta de Catalunya.**

**Actualment és el Síndic de Greuges de la UOC.**

És investigador principal del projecte «Retos jurídicos del uso de datos masivos para el fomento de la innovación y la buena administración a través de la inteligencia artificial», del Programa Estatal de I+D+i Orientada a los Retos de la Sociedad (DER2017-85595-R), i del projecte «La innovació en la prestació dels serveis públics a través de la personalització i prestació proactiva mitjançant l'ús dades massives i la intel·ligència artificial», finançat per l'Escola d'Administració Pública de Catalunya.

Ha investigat i publicat articles i monografies sobre l'administració electrònica, la transparència pública i la difusió i la reutilització d'informació pública a través d'Internet, l'ús de la intel·ligència artificial a les administracions públiques, la governança pública i la integritat pública i la prevenció de la corrupció.

Entre les seves publicacions sobre l'impacte de la intel·ligència artificial en l'Administració pública i el dret administratiu destaquen «Com obrir les caixes negres de les administracions públiques? Transparència i rendició de comptes en l'ús dels algorismes». *Revista Catalana de Dret Públic*, 56 (2019) i «El impacto de la inteligencia artificial en el Derecho administrativo ¿Nuevos conceptos para nuevas realidades técnicas?». *Revista General de Derecho Administrativo*, 50 (2019).

Els textos publicats en aquesta revista estan subjectes –llevat que s'indiqui el contrari– a una llicència de Reconeixement 4.0 Internacional de Creative Commons. Podeu copiar-los, distribuir-los, comunicar-los públicament i fer-ne obres derivades sempre que reconegueu els crèdits de les obres (autoría, nom de la revista, institució editora) de la manera especificada pels autors o per la revista. La llicència completa es pot consultar a <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ca>.



## Dossier «Revolució 4.0: progrés o precarització?»

Coordinador: Josep Lladós

ELS LÍMITS DE L'AVENÇ TECNOLÒGIC

# El jutge artificial: propera parada?<sup>1</sup>

**David Martínez Zorrilla**

Professor agregat dels Estudis de Dret i Ciència Política (UOC)

**RESUM** Els avenços tecnològics recents, i especialment la intel·ligència artificial, estan afectant de manera molt profunda els més diversos àmbits, entre els quals el jurídic, en les seves més diverses manifestacions. Aquest treball analitza alguns dels més recents desenvolupaments en intel·ligència artificial en el camp de l'aplicació del dret, a fi de destriar fins a quin punt ens estem apropant a la ja no tan utòpica idea del jutge artificial i l'aplicació automatitzada del dret. L'anàlisi s'estructura en tres àmbits diferenciats, encara que complementaris: en primer lloc, s'analitza l'aspecte conceptual (quins elements i activitats implica l'aplicació judicial del dret, a fi de determinar quins processos caldria automatitzar per a poder parlar d'un «jutge artificial»); en segon lloc, es presenten breument algunes tecnologies i aplicacions recents que d'alguna manera incidirien en l'aplicació del dret, a fi de determinar en quin punt ens trobaríem respecte d'un procés d'automatització; i finalment, es reflexiona breument sobre els possibles efectes positius o adversos que comportaria una automatització de l'aplicació del dret.

**PARAULES CLAU** aplicació del dret; intel·ligència artificial; informàtica jurídica; jutge artificial

## *The AI judge: next stop?*

**ABSTRACT** *The recent advances in technology, and particularly artificial intelligence, are having an extremely profound effect on very diverse sectors, including that of the judiciary in its various manifestations. The work presented here analyses some of the more recent developments in artificial intelligence in the field of the application of law, with the aim of discerning the point up to which we are approaching the idea –not so utopian now– of the AI judge and the automated application of law. The analysis is structured in three different areas, which are at the same time complimentary: firstly, there is an analysis of the conceptual aspect (what distinct elements and activities involve the judicial application of law, with the aim of determining what processes would be necessary to automate in order to be able to speak of an “AI judge”); secondly, a number of recent technologies and applications are presented which would influence in some way the appli-*

1. Aquest article és una síntesi i reelaboració parcial de MARTÍNEZ ZORRILLA, D. (2019): «La decisión judicial automatizada: entre la ciencia y la ficción». A: VIAL DUMAS, M. y MARTÍNEZ ZORRILLA, D. (ed.): *Pensando al juez*. Madrid: Marcial Pons, p. 152-173.

*cation of law, with the purpose of determining at what point we would find ourselves with respect to a process of automation; and finally, there will be a brief reflection on the possible positive or negative effects an automation of the application of law would involve.*

**KEYWORDS** *application of law, artificial intelligence, Information Technology Law, AI judge*

## I

Al llarg dels segles, una de les característiques més destacades de l'espècie humana ha estat la de servir-se dels avenços científics i tecnològics per a les més diverses finalitats, ja que ofereixen millores substancials en termes d'eficiència, precisió i estalvi de temps i costos, entre altres aspectes. En aquest sentit, ens permeten desplaçar-nos més ràpidament, construir estructures més grans i sòlides, realitzar càlculs molt complexos de manera més ràpida i precisa o, fins i tot, viure més i millor (gràcies als avenços mèdics), entre altres incomptables exemples.

Vist en perspectiva històrica, no és exagerat afirmar que les tecnologies relacionades amb el que en sentit ampli podem denominar com a «informàtica» serien les més revolucionàries i disruptives de tots els temps, a un nivell equiparable, per exemple, al del domini del foc, la roda o la impremta. I dins d'aquest marc, el que es pot denominar com a «intel·ligència artificial» (o IA, per abreviar) és segurament la seva expressió més avançada, rellevant i amb major projecció de futur en pràcticament tots els àmbits imaginables. Tant per raons d'extensió com perquè no és l'objecte d'aquest treball, no entraré en la complexa i discutida qüestió (de profundes implicacions filosòfiques) de què s'entén exactament per IA<sup>2</sup>, però a ningú se li escapa que actualment podem veure innumbrables mostres d'aplicacions d'IA en els més diversos contextos: des de l'àmbit de la domòtica (en què mitjançant múltiples sensors un dispositiu és capaç de controlar les llums, la climatització, les persianes i tendals, els panys; o els frigorífics 'intel·ligents' que realitzen comandes de subministraments en funció de les existències), al del transport i la mobilitat (des d'ajudes a la conducció, com ara la detecció de senyals de tràfic, el control automàtic de la distància de seguretat, el càlcul de la ruta més ràpida tenint en compte la situació del tràfic en temps real o el reconeixement de vianants per activar si escau la frenada automàtica, fins a la conducció completament autònoma), al de l'assistència a persones malaltes o dependents (robots cuidadors), al del processament massiu de dades per a formular prediccions o, fins i tot, prendre i executar decisions (com, per exemple, on invertir per a obtenir un major rendiment, a partir de l'anàlisi de tendències), i un llarguíssim etcètera.

Encara que l'àmbit del dret, i especialment el de l'Administració de Justícia, mai s'ha caracteritzat precisament per estar a l'avantguarda dels avenços tecnològics, tampoc s'ha mantingut aliè a aquests, i és just reconèixer que en els últims anys s'ha fet un esforç de modernització considerable, com ho mostra, per exemple, el desenvolupament i implementació de LEXNET<sup>3</sup> com a plataforma integral d'administració electrònica de l'Administració de Justícia. No obstant això, quan parlem de l'IA aplicada a l'àmbit judicial, és natural pensar en alguna cosa que va més enllà de la gestió documental o les bases de dades, i ens podríem plantejar, encara que sigui com a mera possibilitat teòrica, l'aplicació automatitzada del dret (presa de decisions legals), arribant fins i tot a la idea d'un «jutge artificial». Es tracta d'alguna cosa totalment fantàstica? Si bé podem dir que en l'actualitat encara estem força lluny de comptar amb processos integrals artificials d'aplicació del dret (excepte, potser, en contextos molt delimitats), els avenços han estat molt significatius en els últims anys (i previsiblement ho seran encara més en el futur), amb resultats sorprenents en no pocs casos, que fan que legítimament ens puguem plantejar la possibilitat que en el futur els processos d'aplicació del dret puguin ser (gairebé) totalment automàtics.

---

2. Sobre aquestes qüestions, vegeu, per exemple, BODEN, M. A. (ed.) (1990): *The Creative Mind: Myths and Mechanisms*. Londres: Routledge.

3. <https://lexnetjusticia.gob.es/inicio> [Data de consulta: 26 de juny de 2019].

Però abans de referir-nos als exemples tecnològics concrets, cal aclarir una qüestió conceptual: en què consisteix o què s'entén exactament per «aplicació del dret»? Quins processos i passos implica? Tots són automatitzables o reproduïbles de manera artificial? D'altra banda, també es planteja una important qüestió ètica o valorativa: fins a quin punt pot ser positiu o desitjable deixar les decisions jurídiques en mans d'algorismes o processos automatitzats?

Tenint en compte l'anterior, aquest treball aborda la qüestió de l'aplicació automatitzada del dret des de diferents dimensions o perspectives d'anàlisi: a) En primer lloc, des d'una perspectiva conceptual, realitzant una primera aproximació a quins serien els diferents processos implicats en l'aplicació del dret per així determinar què s'hauria d'«automatitzar» per a poder parlar d'aplicació automatitzada del dret o decisió judicial automatitzada; b) En segon lloc, des d'una perspectiva descriptiva, fent referència a alguns exemples actuals de desenvolupament de tecnologies que d'alguna manera incideixen en l'aplicació del dret, i reflexionant sobre la seva incidència o rellevància en el procés d'«automatització» de la decisió judicial; i c) Finalment, des d'una perspectiva valorativa, reflexionant sobre la conveniència o la desitjabilitat de deixar en mans d'algorismes automatitzats processos o decisions que fins ara sempre han estat en mans d'éssers humans, i que en major o menor mesura depenen de la seva capacitat de comprensió i de judici.

## II

En què consisteix l'aplicació del dret? En un primer acostament, sembla que ens referim a la resolució de situacions «conforme a dret», és a dir, utilitzant els paràmetres i els criteris establerts pel sistema jurídic, que determinarien, o almenys guiarien, quina és la resposta que s'ha d'oferir a la situació en qüestió sobre la qual s'ha de decidir. Cal tenir en compte que tant els tipus de situacions que d'alguna manera són abordades pel dret, com els tipus de resposta que aquest ofereix, són extremadament variats (pensem, per exemple, des de la imposició d'una sanció per una infracció de tràfic fins a la determinació de la validesa d'un contracte, passant per la protecció d'un dret fonamental, la decisió sobre la responsabilitat per danys i la determinació de la corresponent indemnització, la concessió d'una llicència administrativa o la decisió sobre la incapacitació d'una persona, entre una infinitat d'altres situacions). Aquesta varietat no solament afecta el tipus de situacions que d'alguna manera són abordades pel dret, sinó també les respostes ofertes per aquest: poden ser tant extremadament específiques (com la quantia econòmica de la sanció a imposar per superar el límit màxim de velocitat en 20 km/h en una via interurbana), com àmpliament genèriques i indeterminades (com, per exemple, les mesures cautelars a prendre per un jutge per a assegurar el compliment d'una possible sentència condemnatòria). Per tant, hauria de resultar una definició al més àmplia possible per a poder abastar tota aquesta varietat, al mateix temps que hauria de mantenir els seus elements distintius per no abastar més del necessari i donar així entrada a aspectes estranys al fenomen jurídic. La meua proposta seria entendre l'aplicació del dret com *l'establiment d'una resposta a una determinada situació d'acord amb els paràmetres o criteris establerts pel sistema jurídic*<sup>4</sup>.

Quan un decisor (en general, un funcionari o un jutge) ha de determinar la resposta jurídica al cas que se li planteja, sembla que ha de dur a terme un conjunt d'activitats que resulten quelcom heterogènies, però totes elles necessàries per a poder justificar la seva decisió. Semblaria que, almenys, ha de fer el següent (no necessàriament seguint un ordre cronològic estricte):

- a. La selecció del material jurídic rellevant (recopilació i categorització de la normativa, jurisprudència, i d'altres materials que puguin o s'hagin de tenir en compte per a fonamentar o justificar les decisions jurídiques).

---

4. Aquesta definició procés-producte pateix d'ambigüïtat, encara que de manera intencionada: es refereix tant al fet que el *procés* pel qual es determina una resposta a una situació donada s'ha de regir pels criteris i paràmetres establerts pel sistema jurídic (l'òrgan ha de ser el competent, seguint els procediments i els requisits legalment establerts, etc.), com al fet que el *resultat* o producte (això és, la resposta o decisió) s'ajusti a les exigències jurídiques establertes (és a dir, que sigui, com se sol dir, «conforme a dret»).

- b. La interpretació d'aquest material per a la determinació del seu significat i l'obtenció dels elements del sistema normatiu a utilitzar per a donar una resposta a la situació plantejada.
- c. La determinació dels fets del cas concret (prova), que a vegades també exigeix l'establiment de relacions de causalitat entre els esdeveniments empírics.
- d. La qualificació jurídica dels fets provats (subsumció d'enunciats fàctics en categories jurídiques).
- e. La sistematització del sistema normatiu per a la determinació de la resposta jurídica a cadascuna de les situacions o casos genèrics que regula.
- f. La subsumció del cas concret en el cas genèric corresponent, per així obtenir la reposada jurídica al cas de conformitat amb les normes del sistema.

El que es desprèn, fins i tot, d'una anàlisi molt preliminar és que la decisió judicial comprèn múltiples i molt diverses activitats, que requereixen diferents tècniques i habilitats per part del decisor. Per això, per a poder concebre un model complet o integral de decisió judicial automatitzada, s'hauria de poder comptar amb un sistema integrat de tecnologies i processos capaços de realitzar tasques tan diferents com crear i processar bases de dades, la interpretació del llenguatge natural o el reconeixement d'imatges i sons, entre altres. Per això, semblaria més concebible i factible la creació de tecnologies que realitzin o facilitin la realització de certes parts, tasques o fases del procés de decisió judicial, almenys a curt i mitjà termini.

Ja en una primera aproximació resulta evident que la possibilitat d'automatitzar diferents activitats planteja desafiaments i dificultats molt diferents en funció del tipus de procés que es tracti, i que alguns d'aquests són més fàcilment factibles que uns altres. Per exemple, la selecció i categorització del material jurídic, gràcies a la cada vegada major capacitat de processament d'informació i al *big data*, o la sistematització de sistemes normatius (determinació i assignació de les conseqüències jurídiques dels diferents casos genèrics) no semblen plantejar desafiaments tècnics importants, fins i tot en l'estat actual de la tecnologia o en el del futur immediat. En canvi, altres tasques que normalment vinculem a conceptes i categories tan «humans» com el judici i la comprensió, com podrien ser la interpretació jurídica, la subsumció de fets en categories normatives o la determinació de quan un fet es pot considerar «provat» a partir dels elements probatoris disponibles, semblen difícilment automatitzables o reductibles en un algorisme informàtic. No obstant això, seria un error concloure sense més que aquest tipus de tasques són impossibles d'automatitzar, encara que en el context actual es puguin concebre com alguna cosa molt llunyana o senzillament impossible. Els avenços tecnològics experimentats per la humanitat al llarg de la història en no poques ocasions ens han sorprès mostrant-nos coses que ens semblaven impossibles, i no hi ha cap raó per pensar que no seguirà sent així en el futur. A més, resulta molt rellevant la matèria o el tipus de decisions jurídiques que es tracti. Les possibilitats d'utilitzar satisfactòriament algorismes automatitzats per a la presa de decisions són molt majors quan es tracta d'àmbits molt delimitats i amb criteris molt objectius com, per exemple, el d'infraccions de tràfic o l'àmbit fiscal, mentre que es complica significativament en aquelles altres qüestions amb una major dependència del judici o la valoració subjectiva de qui jutja, com quan cal valorar si hi va haver «mala fe» per part del venedor o si en un robatori hi va haver o no «violència», per usar només dos exemples.



## III

Tot seguit comentaré breument alguns exemples de tecnologies basades en l'IA que d'alguna manera estan relacionades amb l'aplicació del dret. Alguns d'aquests són mers experiments o proves, mentre que en altres casos es tracta de tecnologies plenament operatives<sup>5</sup>.

### i. *Case Cruncher Alpha*<sup>6</sup>

Quatre estudiants de Dret de Cambridge van crear un algorisme d'intel·ligència artificial que, segons afirmaven, era capaç de predir els resultats de decisions judicials o administratives amb un nivell molt alt d'encert, superior al que poden obtenir els agents humans. Per a posar-ho a prova, es va realitzar un experiment en el qual es va proporcionar, a més d'un centenar d'advocats de Londres de bufets prestigiosos, informació bàsica dels fets sobre 775 casos d'assegurances de crèdit (*payment protection insurance*) que ja havien estat decidits per l'autoritat competent (però el resultat de la qual desconeixien), perquè indiquessin quina decisió previsiblement havia pres el *financial Ombudsman* (l'autoritat competent per decidir sobre aquesta matèria). La mateixa informació va ser proporcionada a l'algorisme. Una vegada acabada l'anàlisi, el percentatge d'encert (això és, el nivell de coincidència entre la resposta dels participants i les decisions reals) dels advocats va ser del 66,3%, mentre que l'algorisme *Case Cruncher Alpha* va aconseguir un percentatge del 86,6%. És a dir, l'experiment va demostrar que l'algorisme d'intel·ligència artificial era sensiblement millor que un grup d'advocats competents pel que fa a la predicció del resultat d'un procés judicial o administratiu (d'aquestes característiques, almenys).

Tècnicament, en aquest experiment no es pot parlar pròpiament de *predicció* (ja que que es tractava de casos ja resolts), però això manca d'importància, en el sentit que el mateix algorisme podria ser aplicat a casos no resolts per a proporcionar autèntiques prediccions sobre el seu probable resultat<sup>7</sup>. Però l'aspecte més interessant és el que té a veure precisament amb allò que l'algorisme realitza. Estrictament parlant, no estem davant d'una tecnologia per *decidir* o resoldre casos «conforme a dret», per la qual cosa no hi hauria *aplicació* del dret, sinó per formular hipòtesis sobre com serien resolts. Dit d'una altra manera, l'algorisme no pretén determinar la *resposta correcta* o que procedeix per al cas plantejat d'acord amb els criteris o estàndards jurídics aplicables, sinó formular una proposició sobre quina serà la resposta més probable que dictarà l'òrgan competent, la qual cosa, encara que molt interessant, és alguna cosa conceptualment molt diferent a «aplicar el dret».

No obstant això, és probable que, per a poder realitzar les seves prediccions, l'algorisme d'alguna manera tingui en compte el contingut del dret. Però com que no té coneixement respecte del seu funcionament intern, és difícil valorar en quina mesura el dret és tingut en compte o quina és la seva rellevància en el procés d'elaboració de les prediccions. Tanmateix, considerant que l'objectiu principal és, per dir-ho així, epistèmic (preveure què ocorrerà) i no justificador, és probable que altres aspectes resultin tan o més rellevants, com l'anàlisi històrica de decisions anteriors per a extreure pautes o tendències reiteratives (no necessàriament jurídiques o basades en normes jurídiques) que permetin fonamentar les regularitats en què basar les prediccions. En suma, el que aquesta tecnologia mostraria és la constatació d'alguna cosa ja àmpliament assumida: que les màquines són més eficients que els éssers humans en el processament i anàlisi de grans quantitats d'informació.

- 
5. La informació ha estat obtinguda fonamentalment de fonts periodístiques, i atès que els meus coneixements tècnics sobre la intel·ligència artificial són limitats i no he tingut la possibilitat de conèixer o utilitzar directament cap de les tecnologies aquí exposades, no puc garantir que la descripció sigui precisa, malgrat que parteixo de la pressuposició que, en línies generals, les informacions proporcionades per les fonts periodístiques són correctes.
  6. Podeu trobar informació sobre aquesta plataforma i l'experiment realitzat a què aquí es fa referència, per exemple, a <http://www.bbc.com/news/technology-41829534> [Data de consulta: 26 de juny de 2019].
  7. De fet, aquesta tecnologia ha servit de base per a la creació d'una empresa que proporciona serveis de predicció sobre el resultat de futures o hipotètiques decisions: <http://www.case-crunch.com/> [Data de consulta: 26 de juny de 2019].

Un altre aspecte a considerar és que aquest algorisme no sembla exercir cap funció quant a la determinació dels fets del cas. Pel que sembla deduir-se a partir de la informació disponible, totes les dades relatives al cas, sobre la solució del qual es vol obtenir una predicció, han de ser proporcionades a l'algorisme (per éssers humans, molt probablement). Tampoc queda clar si el software compta amb alguna capacitat que es pugui considerar com una «interpretació» de les fonts normatives, si bé és probable que es limiti a tenir en compte quines són les interpretacions més habituals per part dels tribunals de les diferents disposicions afectades, ja que aquest extrem aporta un gran valor predictiu.

En resum, si tenim en compte el conjunt d'activitats principals vinculades a l'aplicació del dret, tal com s'exposa en l'apartat II, es podria dir que és molt probable que aquesta tecnologia dugui a terme una selecció del material jurídic rellevant i que probablement realitzi tasques de sistematització, encara que és força dubtós que desenvolupi activitats relacionades amb la interpretació jurídica, i sembla que no exerceix en absolut tasques vinculades a la selecció i prova dels fets del cas individual.

## ii. L'algorisme COMPAS dels tribunals de Wisconsin<sup>8</sup>

COMPAS és l'acrònim de *Correctional Offender Management Profiling for Alternative Sanctions*, software utilitzat, entre altres, per l'Administració de Justícia de l'Estat de Wisconsin (EUA) que proporciona una estimació sobre el grau de perillositat i del risc de reincidència del processament, a fi de servir com a criteri per a la determinació de la pena a imposar.

L'algorisme fa ús de l'anàlisi de l'anomenat *big data* per a acumular i analitzar informació de molts casos, i processar-los per a extreure'n pautes o criteris relatius a les circumstàncies o característiques dels subjectes que, suposadament, guarden relació amb la probabilitat de cometre nous actes violents o delictius. Una vegada proporcionada la informació relativa al subjecte individual en qüestió, l'algorisme aplica aquests criteris per a oferir una estimació del seu suposat grau de perillositat, i aquesta informació és tinguda en compte pels tribunals per a la decisió sobre la pena a imposar.

Fa un temps, el sistema COMPAS va tenir una certa repercussió mediàtica per la notícia del cas d'Eric L. Loomis<sup>9</sup>, el qual va ser condemnat a una pena de 6 anys de presó (inusitadament elevada) per fugir amb cotxe de la policia, a causa que l'algorisme va establir un alt grau en la probabilitat de reincidència delictiva. La controvèrsia entorn de COMPAS s'ha centrat fonamentalment en dos punts: a) en la falta de transparència que implica el fet que el *software* és propietat d'una empresa privada (Northpointe Inc.), la qual cosa implica que el codi és secret i no pot ser objecte d'anàlisi o auditoria externa; i b) per les acusacions d'estar esbiaixat i discriminar certs col·lectius com ara els negres<sup>10</sup>, acusacions que l'empresa ha intentat rebatre però les conclusions sobre el caràcter esbiaixat de la qual són gairebé impossibles d'acreditar sense una anàlisi del codi.

Encara que aquestes són qüestions rellevants, en si no afecten el que és la valoració d'un sistema com COMPAS com a exemple d'aplicació de l'IA en la decisió judicial. Més enllà dels possibles problemes de disseny de l'algorisme model, si partim del fet que el sistema legal estableix que cal atendre els criteris de perillositat per a determinar la pena, una tecnologia d'aquest tipus pot resultar més fiable i eficaç que fer dependre la valoració de la perillositat i el risc de reincidència en l'experiència personal del jutge i en el seu propi criteri o estimacions, ja que permet manejar una quantitat d'informació molt major i extreure'n conclusions fonamentades i sense risc de ser afectades pels biaixos o inclinacions que, de manera conscient o inconscient, poden afectar el judici de qui jutja.

8. Vegeu una breu descripció d'aquest a <https://www.theatlantic.com/technology/archive/2018/01/equivant-compas-algorithm/550646/> [Data de consulta: 26 de juny de 2019].

9. Vegeu informació sobre el cas, per exemple, a <https://www.nytimes.com/2017/05/01/us/politics/sent-to-prison-by-a-software-programs-secret-algorithms.html> [Data de consulta: 26 de juny de 2019].

10. Vegeu <https://www.propublica.org/article/machine-bias-risk-assessments-in-criminal-sentencing> [Data de consulta: 26 de juny de 2019].

Malgrat tot, cal tenir en compte que estem parlant d'un aspecte molt menor en comparació del conjunt d'activitats i tasques que implica una decisió judicial. Encara que l'algorisme permeti obtenir conclusions precises i objectivables sobre el grau de perillositat i la probabilitat de reincidència de l'acusat, no té cap incidència en pràcticament cap dels àmbits principals de la decisió judicial: ni serveix per seleccionar material normatiu rellevant, ni per a la interpretació jurídica, ni per a la sistematització del dret, ni, estrictament parlant, per a la prova o qualificació jurídica dels fets, a pesar que tingui un impacte en una premissa fàctica que serveix per fonamentar la decisió. Per tant, més que concebre-ho com una aplicació de la intel·ligència judicial a la decisió judicial, s'hauria d'entendre com una eina tecnològica més de suport al decisor, com poden ser les bases de dades jurídiques.

### iii. El *chatbot DoNotPay*<sup>11</sup>

DoNotPay és el nom donat per Joshua Browder, estudiant de Dret de la Universitat d'Stanford, a un algorisme creat per ell de tipus *chatbot*<sup>12</sup>, que en els seus inicis estava enfocat a la impugnació de sancions de tràfic (com ara multes d'aparcament, excés de velocitat, semàfors...) i que és capaç de generar escrits d'impugnació que l'usuari simplement ha d'imprimir i signar. Segons fonts del propi creador, va aconseguir recuperar més de tres milions de dòlars mitjançant els recursos presentats gràcies a la seva tecnologia. Recentment, el seu creador ha treballat en l'ampliació de l'àmbit d'actuació del seu *software*, cobrint altres camps com ara les reclamacions a companyies aèries (cancel·lació de vols, *overbooking*, pèrdua d'equipatge...) o la defensa del consumidor, entre altres. Mitjançant una interfície simple amb un quadre d'entrada de text, l'usuari introdueix la seva petició o el seu problema (per exemple «he rebut una multa d'aparcament») i l'algorisme el va guiant per una sèrie de passos (sol·licitant informació sobre els fets del cas) per acabar amb la generació automàtica d'un escrit d'impugnació (suposadament basat en dret).

Estrictament parlant, aquesta tecnologia no estaria enfocada a la decisió judicial automatitzada, sinó més aviat a allò que es podria entendre com un «advocat virtual» o robot *lawyer*, ja que la seva finalitat és protegir els interessos de la part. Amb tot, sembla evident que per al seu funcionament requereix la realització de certes activitats vinculades a l'aplicació del dret. Així, sembla clar que necessita comptar amb una base de dades de fonts normatives (selecció de material jurídic rellevant) i que ha de ser capaç de realitzar tasques de sistematització per a obtenir les conseqüències jurídiques corresponents als diferents supòsits fàctics, ja que solament d'aquesta manera és possible fonamentar jurídicament la pretensió. És dubtós que l'algorisme dugui a terme una activitat d'interpretació jurídica pròpiament dita, atès que això requereix una complexitat tècnica i de càlcul molt considerable. El més probable és que la pròpia programació contingui el material ja interpretat (vinculant supòsits de fet amb conseqüències jurídiques), sobretot tenint en compte que es tracta d'àmbits la regulació dels quals sol ser força precisa i sense massa marge per a la interpretació. Tampoc sembla que el programa dugui a terme cap tasca vinculada a la prova dels fets, ja que es basa totalment en les dades proporcionades a instància de part.

No obstant això, i a pesar de les seves limitacions tant en les seves funcions com en el seu àmbit, DoNotPay és un bon exemple de com en un futur proper o, fins i tot, en el present la intel·ligència artificial pot resultar molt útil per a decidir sobre qüestions de (relativament) escassa complexitat tècnica des del punt de vista jurídic i d'escassa quantia, agilitant enormement aquests processos.

11. Vegeu una descripció general a <https://www.theverge.com/2017/7/12/15960080/chatbot-ai-legal-donotpay-us-uk> [Data de consulta: 26 de juny de 2019].

12. Un *chatbot* és un algorisme d'intel·ligència artificial que permet a un usuari l'entrada de peticions per mitjà del llenguatge natural (oral o escrit) i intenta oferir una resposta adequada. Cada vegada és més gran la seva implantació a les empreses per a les tasques d'atenció al client.

#### iv. La intel·ligència artificial aplicada al llenguatge natural (i jurídic): *Watson/ROSS Intelligence*

La companyia IBM, una de les grans empreses tecnològiques del planeta, fa anys que investiga i desenvolupa en l'àmbit del que es denomina 'computació cognitiva', tecnologia que intenta emular la manera de raonar i interactuar dels éssers humans i en la qual ocupa un lloc central la «comprensió» (sense entrar aquí en debats filosòfics) i la comunicació per mitjà del llenguatge natural. Com a resultat dels seus desenvolupaments va crear Watson, una eina capaç d'«entendre» el llenguatge natural i amb capacitat d'«aprenentatge» a partir de tota la informació que constantment va recopilant i processant. Watson va tenir repercussió mediàtica l'any 2011 per resultar vencedor en el concurs nord-americà de preguntes Jeopardy!, en el qual es va enfrontar als dos concursants humans amb major nombre de victòries fins avui<sup>13</sup>. El més destacable no és tant l'enorme capacitat d'acumulació d'informació i la seva velocitat de processament, sinó el fet que, a mesura que avançava el concurs, Watson va poder entendre correctament, fins i tot, els dobles sentits, els girs lingüístics, les metàfores o la ironia que formen part habitual dels nostres llenguatges naturals, amb la qual cosa es pot dir que compta amb una capacitat notable de comprensió i interpretació lingüística.

Més recentment, una companyia anomenada ROSS Intelligence ha fet ús de la tecnologia de Watson per a aplicar-la a l'àmbit jurídic<sup>14</sup>. La idea principal és usar-la per a processar la ingent quantitat de material jurídic que constantment es genera (legislació, jurisprudència, documents contractuals, etc.) per a comptar no solament amb la màxima i més actualitzada informació, sinó també (i especialment) per a discriminar i seleccionar la més adequada i rellevant per al problema que s'estigui tractant a cada moment, estalviant així grans quantitats de temps i esforç als operadors jurídics. Segons s'afirma, aquesta tecnologia és capaç de processar més de mil milions (*one billion*) de documents legals per segon, redactats en llenguatge natural, i retornar amb molta precisió resultats a les qüestions plantejades (també en llenguatge natural, tal com es formularien a un advocat). A més, com que es tracta d'una tecnologia de *machine learning*, va millorant constantment. Però malgrat aquestes dades sorprenents, aquesta tecnologia no està pensada, almenys de moment, per a substituir els jutges o advocats, sinó més aviat com una eina de suport a la seva activitat, sobretot la de buscar i seleccionar informació jurídica rellevant. Segons el propi CEO de ROSS Intelligence, tasques com ara sospesar la informació, crear arguments jurídics o preparar documents segueixen sent exclusives dels juristes humans.

Aquest últim exemple de tecnologia aplicada a l'àmbit jurídic és especialment interessant perquè guarda una estreta relació amb una de les activitats que *a priori* semblarien més difícils d'automatitzar, com és la interpretació jurídica o la conversió d'expressions redactades en llenguatge natural a una sèrie de paràmetres que permetin una sistematització en termes de correlació de casos amb solucions jurídiques, sense necessitat d'una intervenció humana que determini el significat d'aquests enunciats normatius. Amb tot, com mostra el debat teòric sobre la interpretació jurídica, sembla que aquesta va molt més allà de simplement «entendre» o «captar» el significat clar i unívoc dels enunciats dictats per les autoritats normatives, ja que en molts casos sembla involucrar una presa de decisions o raonaments i arguments que els donen fonament, com en molts dels anomenats «arguments interpretatius» (argument analògic, a fortiori, teleològic, psicològic, sistemàtic, apagògic, etc.) que són habitualment usats en el raonament jurídic. Però, malgrat això, resulten innegables l'abast i la importància dels desenvolupaments tecnològics vinculats a la interpretació del llenguatge natural.

A partir dels exemples exposats en aquest apartat, crec que es pot concloure que, fins avui, tots els avenços tecnològics han de ser concebuts com a eines parcials d'ajuda a la decisió i que encara estem lluny del que es podria considerar com un sistema integral automatitzat de presa de decisions jurídiques (excepte, potser, en àmbits molt concrets i específics en els quals totes les qüestions jurídiques i fàctiques estiguin perfectament delimitades). Alguns aspectes relacionats amb l'aplicació del dret semblen especialment problemàtics, com ara la

13. Vegeu un reportatge periodístic sobre aquesta notícia a <http://www.nytimes.com/2011/02/17/science/17jeopardy-watson.html?pagewanted=all> [Data de consulta: 26 de juny de 2019].

14. Vegeu <https://www.ibm.com/blogs/watson/2016/01/ross-and-watson-tackle-the-law/> [Data de consulta: 26 de juny de 2019].

interpretació jurídica (malgrat els importants avenços en computació cognitiva), la prova dels fets o la qualificació d'aquests en categories jurídiques. Però no és menys cert que els avenços en intel·ligència artificial són ràpids i significatius, i que cal esperar que els seus desenvolupaments encara siguin més grans en un futur, de manera que no es pot descartar en absolut la idea d'un jutge artificial completament autònom.

## IV

Els avenços tecnològics en general i de l'IA en concret no semblen ser una opció, sinó senzillament alguna cosa que està ocorrent i que tindrà un impacte cada vegada més gran. Per això, en lloc de plantejar-nos si s'haurien d'aplicar o no aquests avenços a l'àmbit de la decisió jurídica, potser sigui millor reflexionar sobre els possibles aspectes positius i negatius d'aquests, i també fer propostes sobre cap a on es podrien orientar perquè els resultats siguin més satisfactoris o, almenys, per a evitar possibles perills i problemes.

Com a punt de partida, partiré de la base que la decisió judicial és una activitat primordialment tècnica o instrumental, en el sentit que, sobretot a partir de la Il·lustració i en el context occidental, es vincula més estretament a la idea d'aplicar el *dret* o *decidir conforme a dret*, que a la idea d'impartir *justícia*. Es tracta d'utilitzar les eines, els recursos i els procediments establerts pel sistema jurídic per a donar una resposta que, almenys en principi o teòricament, està predeterminada pel propi sistema. El jutge, en aquest context, es configura com un especialista amb una formació tècnica adequada per a l'obtenció d'aquesta resposta i que, a més, l'ha d'obtenir mitjançant els processos i criteris jurídicament establerts.

Els avenços tecnològics sempre s'han revelat útils per a la realització de tasques instrumentals, millorant aspectes com ara l'eficiència, la precisió i la rapidesa. Per això, almenys *a priori* semblaria que l'activitat d'aplicació del dret es podria veure beneficiada per la implementació d'aquestes noves tecnologies. Ara bé, ja fa força temps que per múltiples raons es va abandonar la concepció formalista que concebia l'activitat judicial o d'aplicació del dret en general com alguna cosa mecànica, en què el decisor seria una mena d'autòmat. Fins i tot les concepcions contemporànies que, com en el cas de Ronald Dworkin<sup>15</sup>, defensen la idea d'una única resposta correcta i l'activitat judicial com a primordialment epistèmica o de descobriment, assumeixen que en la decisió judicial hi intervenen molts aspectes relacionats amb la capacitat de judici i de reflexió, principalment en àmbits com el de la interpretació jurídica. Això planteja alguns problemes i dificultats tant per a la possibilitat efectiva de crear un model automatitzat de decisió judicial, com per a les conseqüències que aquest podria tenir en aquesta activitat. Però ja em referiré a aquestes qüestions més endavant. De moment, assenyalaré alguns aspectes, al meu entendre positius, que *prima facie* comportaria la decisió judicial automatitzada:

*Imparcialitat.* Una primera conseqüència evident és que les decisions estarien lliures dels biaixos que, fins i tot de manera inconscient i reconeixent el gran esforç realitzat per la immensa majoria de jutges per a mantenir la seva imparcialitat, poden afectar els decisors humans, en funció de la seva ideologia, experiència, creences, idees preconcebudes, entorn o context cultural, circumstàncies personals, etc. Un algorisme informàtic és simplement incapaç de comportar-se de manera diferent a com predetermina la seva programació, de manera que es deslliuraria de tots aquests factors. Amb tot, cal tenir en compte un aspecte molt important, que és la possibilitat de *biaixos en la programació de l'algorisme*. Encara que la tecnologia per si mateixa sigui incapaç d'introduir biaixos, aquests poden estar continguts en la programació, ja que els programadors (almenys de moment) són éssers humans. Per això, per a evitar situacions com la controvèrsia relacionada amb l'algorisme COMPAS, seria fonamental el requisit de la transparència. El codi dels algorismes no hauria de ser secret, sinó que hauria de ser públic i susceptible de supervisió i anàlisi per les autoritats corresponents, la qual cosa sens dubte tindria importants repercussions en l'àmbit empresarial, ja que les empreses desenvolupadores de *software* probablement tindrien importants interessos a mantenir el seu codi en secret com a manera d'ocupar una posició avantatjosa enfront de la competència, però en

---

15. Vegeu, per exemple, DWORKIN, R. (1977). *Taking Rights Seriously*. Cambridge (Mass.): Harvard University Press.



aquest punt hauria de prevaler l'interès públic i caldria buscar formes alternatives de fer que aquest àmbit seguís sent atractiu per a les companyies del sector.

*Consistència.* Un altre dels aspectes en què un model de decisió automatitzada tindria un impacte important és el de reduir la variabilitat i la multiplicitat de criteris, interpretacions, etc. en les decisions vinculades a la pròpia pluralitat dels òrgans decisors (jutges i tribunals). Diferents òrgans poden interpretar de manera divergent els mateixos preceptes legals o valorar de manera diferent uns mateixos fets, donant lloc a decisions diferents, fins i tot, en supòsits que comparteixen les mateixes circumstàncies rellevants. L'ús d'algorismes de decisió garantiria una mateixa interpretació i uns mateixos criteris de decisió i, per tant, una major consistència en la «jurisprudència» (si és que es pot utilitzar aquest terme en aquest context), amb conseqüències molt significatives en la previsibilitat de les decisions i la seguretat jurídica. A més, gràcies a l'enorme capacitat d'acumulació i processament de la informació, pràcticament s'eliminarà la possibilitat d'error derivat de no tenir en compte alguna normativa aplicable o algun element jurídicament rellevant.

*Previsibilitat.* Com s'ha comentat en el paràgraf anterior, l'ús d'algorismes garantiria la consistència en les interpretacions i en els criteris de decisió, permetent un alt grau de previsibilitat de la decisió i, amb això, de la seguretat jurídica. En principi, seria possible conèixer amb un alt nivell de precisió les conseqüències jurídiques dels nostres comportaments, fins i tot sense necessitat d'iniciar un procés judicial, de manera que milloraria el grau d'autonomia personal perquè es comptaria amb millors criteris sobre les conseqüències de cada alternativa d'acció, ajudant així a la presa de decisions de l'agent.

D'altra banda, no obstant això, no s'hauria d'oblidar o menysvalorar altres aspectes que plantegen seriosos problemes, tant en la possibilitat efectiva de la decisió judicial automatitzada com en la seva desitjabilitat, fins i tot en el cas de ser tècnicament possible.

- a. Com s'ha posat de manifest anteriorment, sembla que hi ha un ampli consens en la teoria jurídica sobre la inadequació d'un esquema purament «mecanicista» de l'aplicació del dret, i els obstacles perquè un model formalista o mecanicista funcioni tenen a veure primordialment amb certes característiques dels propis sistemes jurídics. Un aspecte important és que el llenguatge jurídic en general, encara que sigui de caràcter tècnic, no deixa de ser un llenguatge natural (en contraposició amb els llenguatges artificials), per la qual cosa està afectat per problemes com ara la vaguetat i l'ambigüitat, que d'alguna manera impliquen un cert grau d'indeterminació i la necessitat d'eleccions o decisions per part de l'interpret. Aquest fet no solament dificulta tècnicament l'elaboració d'un model de decisió automatitzada, atès que els llenguatges de programació algorítmica són artificials, sinó que, en cas d'establir o fixar criteris interpretatius per a enfrontar-se a aquestes dificultats, d'alguna manera «cristal·litzarien» o «solidificarien» certes interpretacions, rebutjant-ne altres igualment legítimes, i, a més, significaria la prevalença del criteri adoptat pels programadors per sobre del d'altres autoritats jurídiques.
- b. En segon lloc, és habitual que, en certs casos, el legislador persegueixi conscientment que hi hagi un cert grau d'indeterminació en la resposta jurídica, o l'atribució d'una certa capacitat de decisió discrecional al decisor. Així ocorre, per exemple, quan els preceptes legals fan referència o incorporen conceptes valoratius o de tipus moral, o conceptes essencialment controvertits, o deleguen directament al jutge la capacitat de decidir les mesures més adequades a prendre (dins d'un marge). De nou, els algorismes podrien incorporar certs paràmetres per a determinar les decisions en aquests casos, però al preu d'imposar una determinada concepció i d'eliminar tota possibilitat de deliberació o argumentació moral.
- c. En tercer lloc, tampoc no es pot descartar la possibilitat d'«atacs» al sistema (*hacking*), com ocorre amb pràcticament tots els sistemes informàtics. El tema de la seguretat informàtica és una carrera contínua entre els qui intenten protegir els sistemes i els qui intenten superar els obstacles i barreres que els protegeixen. Però encara que la seguretat total no existeix, crec que tampoc caldria sobredimensionar el problema o els riscos. Totes les companyies i institucions pateixen atacs constants als seus sistemes informàtics, però la immensa majoria són bloquejats, i en les poques situacions en què els hackers aconseguen burlar les mesures de seguretat, el més habitual és que es reaccioni amb rapidesa i s'aconsegueixin contenir els danys. En certa manera, es podria fer un paral·lelisme amb els casos de corrupció: encara que sempre hi ha casos de jutges corruptes, el més habitual és que siguin molt minoritaris (en



comparació del volum total de jutges i decisors) i que els seus efectes no siguin devastadors. És més, la probabilitat de *hackear* un sistema informàtic de decisió judicial segurament és inferior a la que un jutge sigui corrupte.

D'altra banda, no s'hauria d'oblidar que la irrupció dels avenços tecnològics aplicats a certs àmbits o activitats, algunes vegades, ha provocat o ha contribuït a la pròpia configuració o transformació d'aquestes activitats, i el dret no seria aliè a això<sup>16</sup>. De manera purament especulativa, crec que els canvis podrien prendre dues direccions diferents, encara que hi hauria la possibilitat d'una combinació d'ambdues:

D'una banda, hi ha la possibilitat que la producció normativa es vagi ajustant gradualment a les «necessitats» de l'aplicació automatitzada del dret, en el sentit de fer més senzilla l'adaptació a aquestes tecnologies i que el seu funcionament pugui resultar menys problemàtic. Alguns d'aquests canvis avui ja es poden entreveure, com ocorre amb els anomenats *smart contracts*<sup>17</sup>, que fan ús d'una tecnologia denominada *blockchain* o cadena de blocs, que és pràcticament *inhackeable* per a registrar i fer complir automàticament acords contractuals, la qual cosa pot tenir en el futur un efecte importantíssim, per exemple, en la disminució de la litigiositat associada als contractes, ja que elimina completament la necessitat de prova respecte de l'existència i contingut de la relació contractual.

D'altra banda, una altra manera d'afrontar les dificultats abans assenyalades seria procedint a una cada vegada més marcada diferenciació entre els àmbits o assumptes objecte de decisió artificial i aquells altres que hagin de ser resolts pels éssers humans. D'aquesta manera, les qüestions que puguin ser resoltes mitjançant criteris clars i objectius (probablement la majoria) i que no afectin qüestions de gran transcendència moral (com serien, per exemple, els drets fonamentals, decisions relatives a menors o persones vulnerables, etc.), serien objecte de decisió artificial, mentre que altres en què es consideri important comptar amb la capacitat de judici i deliberació, es reservarien a decisors humans. Fins i tot seria possible un model mixt en el qual la intervenció humana es limités a revisar les decisions prèvies o les propostes de decisió ofertes pels algorismes. En resum, com ha estat la tendència invariable al llarg de la història, es deixaria per a les màquines el que les màquines poden realitzar de manera més eficient i es reservaria als éssers humans allò que les màquina no són capaces de fer o realitzar de manera satisfactòria, i que són de fet les més importants.

---

16. No seria ni molt menys el primer cas. A vegades, una tecnologia ha significat, fins i tot, l'aparició de nous àmbits d'activitat com, per exemple, el cinema o els videojocs com a expressions o manifestacions artístiques. En altres casos ha representat canvis importants en camps que ja existien prèviament, com va ocórrer per exemple amb l'arquitectura gràcies a l'ús de nous materials en l'anomenada 'arquitectura del ferro' del segle XIX, o en l'aparició de nous instruments i tecnologies en la música, que ha incidit de manera destacable, inclús, en el tipus de música que es crea.

17. Vegeu una breu introducció no tècnica dels anomenats *smart contracts* o contractes intel·ligents a [https://retina.elpais.com/retina/2017/12/22/tendencias/1513937575\\_114270.html](https://retina.elpais.com/retina/2017/12/22/tendencias/1513937575_114270.html) [Data de consulta: 26 de juny de 2019].

**Citació recomanada:** MARTÍNEZ ZORRILLA, David. El jutge artificial: propera parada? *Oikonomics* [en línia]. Novembre 2019, n. 12, pp. 1-12. ISSN: 2339-9546. DOI: <https://doi.org/10.7238/o.n12.1914>

---



**David Martínez Zorrilla**

**Professor agregat dels Estudis de Dret i Ciències Polítiques (UOC)**

[dmartinezz@uoc.edu](mailto:dmartinezz@uoc.edu)

David Martínez (Manresa, 1974) és Llicenciat en Dret amb Premi Extraordinari (1997) per la Universitat Autònoma de Barcelona, i Doctor en Dret (2004) per la Universitat Pompeu Fabra. Actualment és professor agregat dels Estudis de Dret i Ciència Política de la Universitat Oberta de Catalunya, i professor associat a l'escola de negocis ESERP, especialitzat en l'àmbit de la teoria general i la filosofia del dret. És autor de diverses monografies i articles acadèmics en publicacions espanyoles i estrangeres, entre les quals destaquen *Conflictes constitucionals, ponderació i indeterminació normativa* (Marcial Pons, 2007); *Metodologia jurídica i argumentació* (Marcial Pons, 2010); «The Structure of Conflicts of Fundamental Legal Rights», a *Law & Philosophy*, vol. 30 (2011); «Constitutional Dilemmas and Balancing. Some Comments on Lorenzo Zucca's Analysis», a *Ràtio Juris*, vol. 24 (2011); «Some Thoughts about the Limits of Alexy's Conception of Principles and Balancing», a Duarte, D. i Silva Sampaio, J. (ed.), *Proportionality in Law. An Analytical Perspective* (Springer, 2018).

Els textos publicats en aquesta revista estan subjectes –llevat que s'indiqui el contrari– a una llicència de Reconeixement 4.0 Internacional de Creative Commons. Podeu copiar-los, distribuir-los, comunicar-los públicament i fer-ne obres derivades sempre que reconegueu els crèdits de les obres (autoria, nom de la revista, institució editora) de la manera especificada pels autors o per la revista. La llicència completa es pot consultar a <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ca>.

