

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

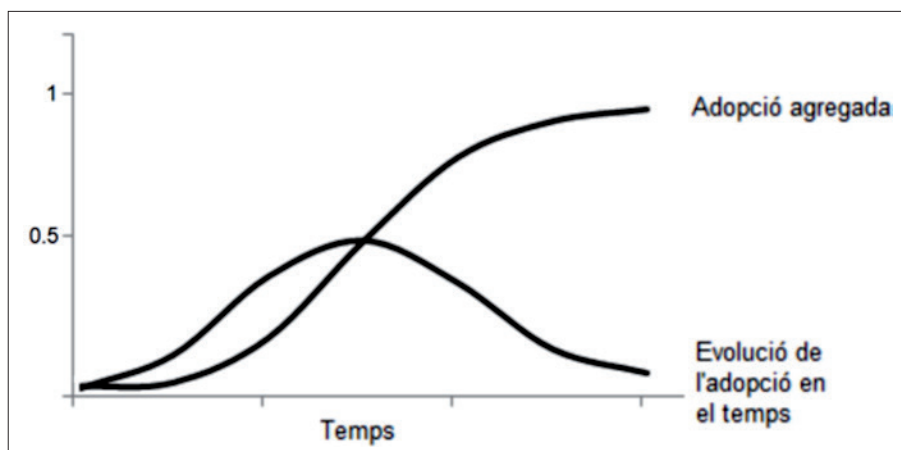
La transformació digital [1] és el procés d'adopció de les tecnologies digitals, tant a nivell individual com a nivell col·lectiu, que està provocant canvis substancials en els diferents àmbits on es duen a terme activitats socioeconòmiques. L'any 2015, la consultora Boston Consulting Group [2] va definir 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%), seguidores inicials (13,5%), majoria precoç (34%), majoria tardana (34%) i endarrerits (16%)¹. 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 alçaprens 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)². 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-

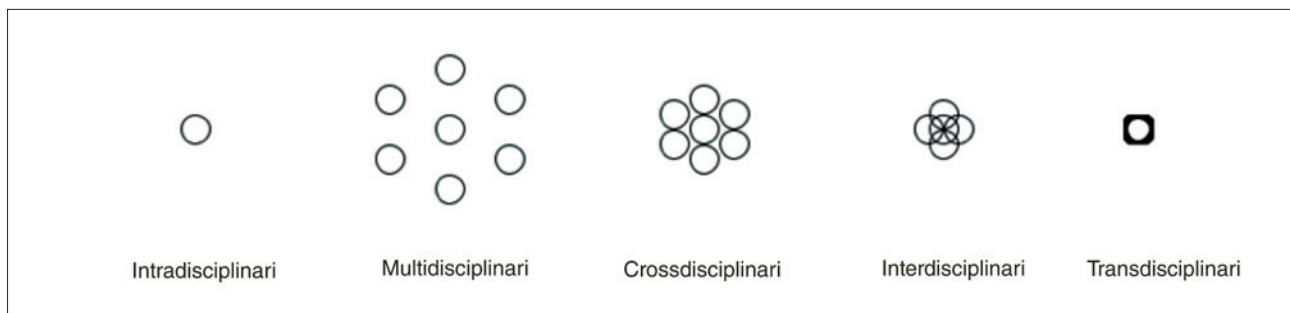
2. La noció de palanca aplicada a la gestió té el seu origen l'any 1997, quan Dickhout [7] va plantejar l'analogia amb una palanca mecànica que es pot situar en una posició a voluntat i que permet controlar un sistema segons les necessitats de cada moment.

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.

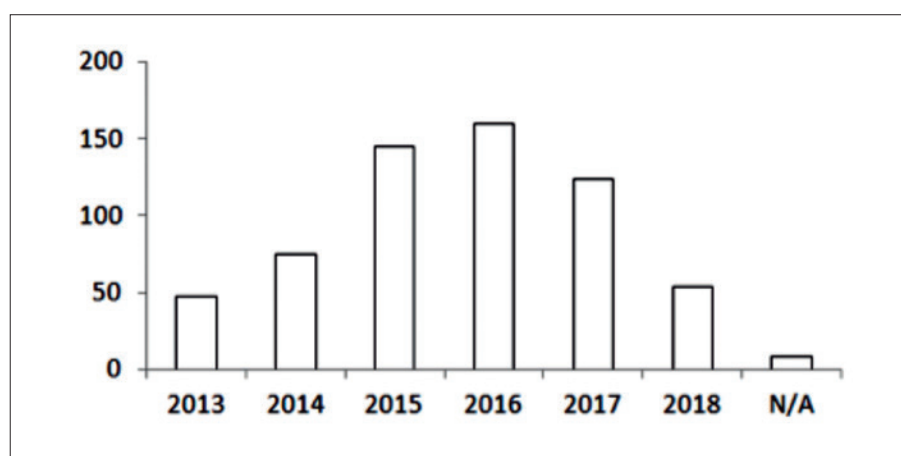
3.2. Nous perfils professionals en el marc de la Indústria 4.0

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 multidisciplinaris³.

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 directores 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), 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 encastats, 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) 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).

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 mapeig⁴ 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
Tècnics		Cal que adquireixin coneixements transversals per a poder combinar les diferents tecnologies.	Executen els fulls de ruta. Actuen transversalment amb altres tècnics.	Organització
Gestors	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.	
Directius	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.	
Experts	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
Estudiants	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
- [2] GERBERT, P.; LORENZ, M.; RÜBMAN, 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

- [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
- [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
- [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
- [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_vdiipublications_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
- [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
- [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
- [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] MORRON, 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
- [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
- [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
- [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
- [42] ADOLPHS, P.; EPPLÉ, 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
- [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

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

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>.

