

# MEMÒRIA ECONÒMICA DE CATALUNYA **2016**



ESPECIAL  
INDÚSTRIA 4.0



ESTUDIS ECONÒMICS



Consell General de Cambres de Catalunya

Patrocina:

 **Santander**



# Índex

10	<b>LA MEMÒRIA EN SÍNTESI</b>
15	<b>I. MARC EXTERIOR</b>
16	1. Economia mundial
21	<a href="#">Indústria 4.0: La construcció d'un nou paradigma industrial</a> (Xavier Ferràs)
27	<a href="#">La política industrial en el Regne Unit durant l'última dècada i la nova indústria 4.0</a> (Guillermo Dorronsoro)
32	2. Economia espanyola
36	<a href="#">El rol del grafè a la quarta revolució industrial</a> (Alba B. Rosado)
41	<b>II. ECONOMIA CATALANA</b>
42	1. Població
43	2. Activitat econòmica
50	3. Sector exterior
54	4. Mercat de treball
58	5. Preus i salaris
60	6. Sector públic
64	<a href="#">Indústria 4.0: cap a la fàbrica avançada, digital i connectada</a> (Xavier Torra)
67	<b>III. L'EMPRESA CATALANA</b>
68	1. Presentació
69	2. Anàlisi economicofinancera de les empreses catalanes
84	3. Anàlisi de l'empresa catalana per sectors, per dimensions i comparació amb la resta d'Espanya
89	4. Conclusions
91	<a href="#">La situació de la impressió 3D a Catalunya: Reptes i oportunitats</a> (Magí Galindo)
99	<b>IV. ANÀLISI TERRITORIAL</b>
100	1. Barcelona i comarques
111	<a href="#">HP: La indústria 4.0 ja és aquí</a> (Ramon Pastor)
114	2. Girona i comarques
124	<a href="#">Obrint molt més que llums: els pròxims 100 anys a Simon</a> (Rafael Serra)
127	3. Lleida i comarques
137	<a href="#">OPP group, empresa lleidatana que exporta al món un nou model de producció porcina 4.0</a> (Joan Sanmartín i Roger Galofré)
139	4. Tarragona i comarques
149	<a href="#">Dow chemical: lideratge innovador a partir de les persones</a> (Anton Valero)
153	<b>V. ESTUDI MONOGRÀFIC</b>
	<a href="#">La indústria 4.0 a Catalunya</a> (Raül Blanco, Jordi Fontrodona i Carme Poveda)
193	<b>VI. CRONOLOGIA</b>
195	<b>VII. CATALUNYA ESTADÍSTICA</b>





# La indústria 4.0 a Catalunya

**Raül Blanco**

Direcció General d'Indústria de la Generalitat

**Jordi Fontrodona**

Direcció General d'Indústria de la Generalitat

**Carme Poveda**

Cambra de Comerç de Barcelona

## 1. Introducció

La indústria 4.0 s'ha convertit en un corrent principal de l'economia industrial, especialment durant el darrer any. Aquest terme, que va néixer a principis de la dècada a Alemanya per donar nom al procés de transformació digital de la indústria, està actualment molt present a fires, congressos o publicacions de la majoria de subsectors que conformen la indústria. De vegades, aquesta presència respon a veritables canvis productius, però sovint es converteix en un simple element de promoció comercial.

Aquest monogràfic s'ha escrit amb la voluntat de situar el concepte i l'estat de la qüestió en la realitat econòmica i social catalana. Per això, s'estableixen com objectius de l'article explicar què és la Indústria 4.0, com transformarà els llocs de feina i les necessitats formatives de les persones, contextualitzar-la en l'entorn institucional i tecnològic i, finalment, mostrar la percepció real que tenen les empreses i el grau d'aplicació de les tecnologies que componen la Indústria 4.0 en el teixit industrial català.

En el primer capítol, se situa el concepte d'Indústria 4.0 i les tecnologies que el conformen, tenint en compte les principals publicacions de referència i fent apunts sobre l'estat de la qüestió a nivell internacional. En el segon, es valoren les conseqüències conegudes fins ara, fent especial èmfasi en l'impacte laboral que tindran aquests canvis. Completant aquesta visió, es dedica el següent capítol a la formació que, com s'indica al llarg del document, és inexorablement un eix central de qualsevol programa futur de política pública. S'eixampla el tradicional enfocament universitari per mostrar la gran rellevància que tindran la família d'ensenyaments industrials de la formació professional.

En el capítol quart es mostra com l'eclosió del concepte d'Indústria 4.0 i el creixent debat sobre les seves conseqüències ha conduït a que estats i regions estiguin implementant plans de política industrial específics, seguint l'estela pionera del govern alemany. En paral·lel, per complementar aquest focus

de polítiques públiques, el capítol següent analitza les capacitats de l'ecosistema de recerca i innovació de Catalunya i la important tasca de difusió i d'atracció d'activitat que s'està realitzant per mitjà de les fires i congressos internacionals que se celebren a Barcelona.

Un cop situat el concepte, les polítiques públiques i l'ecosistema de recerca i innovació, l'estudi mostra quin és el capteniment de les empreses catalanes davant de la Indústria 4.0 i quin és l'aprofitament que estan realitzant de tot el seu potencial. Es presenten els resultats d'una enquesta realitzada juntament amb l'IDESCAT a 554 empreses, que és el treball de camp més complet sobre aquesta matèria realitzat fins al moment a Catalunya. Les xifres mostren que encara hi ha molt terreny per recórrer, donat que un 30% ho consideren una estratègia a termini mitjà i un altre 30% no compleixen els requeriments inicials per introduir aquestes tecnologies.

En resum, el conjunt de capítols ofereixen una imatge acurada i actual de la transformació digital de la indústria, així com de les conseqüències que ja està tenint i de les que s'albiren en matèria de política pública, impacte laboral i formatiu, inversió empresarial i especialització dels proveïdors tecnològics que han d'acompanyar les empreses en aquest nou període.

Els autors volen expressar el seu agraïment a totes les persones que, amb la seva col·laboració, han contribuït a realitzar-lo, entre altres, a Cinta Daudé i Anna Punyet, de la Fundació BCN Formació Professional; a Pilar Navarro, de Fira de Barcelona; a l'IDESCAT; i a Josep Maria Gascón i el seu equip d'ACCIÓ.

## 2. Marc conceptual

Indústria 4.0 és un terme que va ser utilitzat per primer cop pel Govern alemany i que descriu una organització dels processos de producció basada en la tecnologia i en dispositius que es comuniquen entre ells de forma autònoma al llarg de la cadena de valor (Smit et al. 2016). Aquest fenomen repre-

sentat un canvi tan gran que també s'anomena com la quarta revolució industrial.

A finals del segle XVIII, es van iniciar a Gran Bretanya un conjunt de canvis econòmics, socials i tecnològics, entre els quals destaquen la màquina de vapor i el teler mecànic, que els historiadors han anomenat com a primera revolució industrial i que van ser encapçalats pels sectors del tèxtil, el carbó i el ferro. El fenomen es va estendre a altres països europeus, als Estats Units i al Japó durant el segle XIX.

A finals del segle XIX, l'aparició de l'energia elèctrica i el petroli, el desenvolupament de la química, el desplegament del ferrocarril i dels vaixells de vapor, junt amb altres avenços tecnològics i la producció en cadena, van propiciar la segona revolució industrial, període que s'estén fins a la Primera Guerra Mundial.

Alguns autors es refereixen a una tercera revolució industrial, que es podria dir que es va iniciar a mitjans del segle XX, basada en els avenços tecnològics derivats de l'energia nuclear, l'electrònica, la informàtica i les comunicacions, cosa que ha portat a un alt nivell d'automatització de la producció.

D'altres, com ara Ruessmann et al. (2015), de Boston Consulting Group, afirmen que ens trobem en els orígens d'una quarta revolució. En aquesta nova etapa, els sensors, les màquines, els components i els sistemes informàtics estarien connectats al llarg de la cadena de valor, més enllà dels límits de les empreses individuals. Aquests sistemes connectats

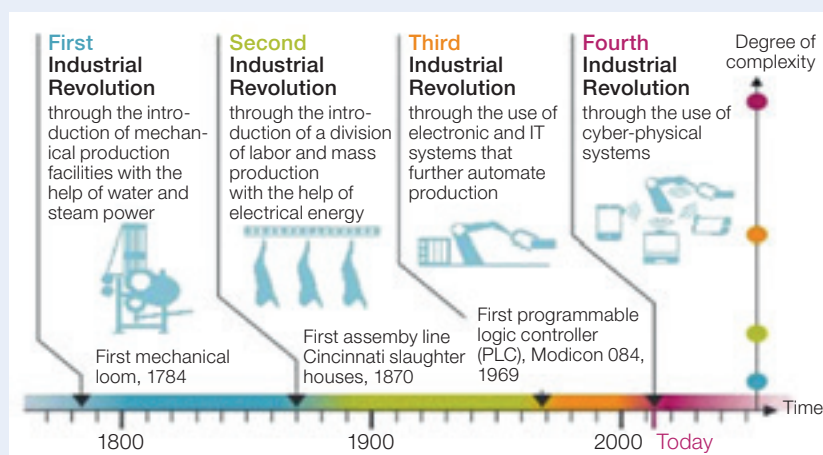
podrien interactuar entre ells fent servir protocols estàndard basats en Internet i analitzar les dades per tal de preveure errades, configurar-se ells mateixos i adaptar-se a possibles canvis. Dit d'una altra manera, les tecnologies digitals permeten la vinculació del món físic (dispositius, materials, productes, maquinària i instal·lacions) amb el digital (sistemes). Aquesta connexió habilita que dispositius i sistemes col·laborin entre ells i amb altres sistemes per crear una indústria intel·ligent, amb producció descentralitzada i que s'adapta als canvis en temps real. En aquest entorn, les barreres entre les persones i les màquines esdevenen més difoses.

Les nou tecnologies sobre les quals es fonamenta la Indústria 4.0 ja s'estan utilitzant actualment a les empreses manufactureres però de forma aïllada. Amb aquesta nova revolució, les cadenes de valor esdevindran un flux completament integrat, automatitzat i optimitzat que millorarà l'eficiència i canviarà la relació tradicional entre proveïdors, productors i clients, així com entre persones i màquines.

Les tecnologies són les següents:

1. **Big data and analytics:** consisteix en l'anàlisi de conjunts de dades que, pel seu volum, la seva naturalesa i la velocitat a què han de ser processades, ultrapassen la capacitat dels sistemes informàtics habituals. En el context de la Indústria 4.0, l'anàlisi de dades massives (sistemes i equips de producció, sistemes de gestió de proveïdors, etc.) esdevindran estàndards per donar suport a la presa de decisions en temps real.

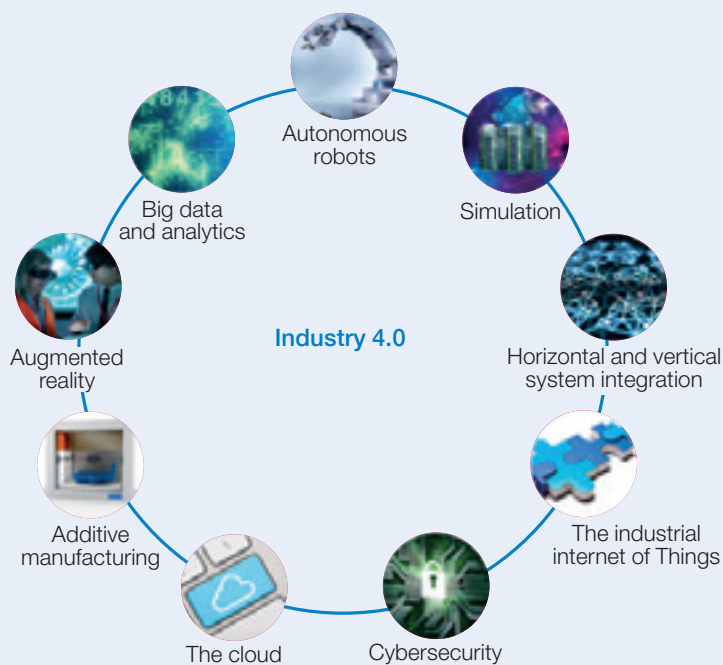
Figura 1  
De la Indústria 1.0 a la Indústria 4.0



Font: DFKI (2011).

2. **Robots autònoms:** els robots s'estan tornant cada cop més autònoms, flexibles i cooperatius, de manera que podran interactuar entre ells i treballar de forma segura al costat dels humans i aprendre d'ells. Aquests robots seran més barats: Sirkin et al. (2015), de Boston Consulting Group, preveuen que els preus dels robots i del programari caiguin un 20% durant la propera dècada. També tindran una gamma de possibilitats més gran que els actuals (es preveu un increment de prestacions del 5% anual). Això farà que hi hagi moltes més tasques en les quals la substitució de mà d'obra per robots esdevingui rendible, de manera que els autors preveuen que el creixement anual del nombre de robots passi del 2-3% actual al 10% durant la propera dècada.
3. **Simulació:** les simulacions en 3D, que actualment estan esteses en la fase d'enginyeria, s'utilitzaran també en algunes operacions a les plantes de producció. Permetran reproduir el món físic en un model virtual, el qual pot incloure màquines, productes i persones i permet als operadors fer proves i optimitzar la programació d'una màquina en el món virtual abans de posar-la en pràctica.
4. **Integració horitzontal i vertical de sistemes:** els fabricants, els proveïdors i els clients estaran estretament enllaçats pels sistemes informàtics, facilitant cadenes de valor verdaderament automatitzades. I el mateix passarà entre els departaments d'una empresa, com enginyeria, producció i serveis.
5. **Internet de les coses industrial** (Internet of things, IoT): cada cop més dispositius estaran enriquits amb informàtica encastada i connectats per mitjà de tecnologies estàndard. Això permet als dispositius de camp comunicar-se i interactuar entre ells i amb els controladors centrals. També descentralitza l'anàlisi i la presa de decisions i permet respostes en temps real.
6. **Ciberseguretat:** l'augment de la connectivitat que representa la Indústria 4.0 incrementa dramàticament la necessitat de protegir els sistemes industrials crítics i les línies de producció contra les amenaces informàtiques. També cal millorar la protecció de la propietat intel·lectual, les dades personals i la privacitat.

Figura 2  
Les nou tecnologies que transformen la producció industrial



Font: Ruessmann-BCG (2015).

7. **El núvol:** cada cop més, les tasques relacionades amb la producció requeriran més intercanvi de dades. Al mateix temps, les tecnologies al núvol milloraran i aconseguiran temps de reacció de tot just alguns mil·lisegons. Com a resultat, s'aniran traspasant feines informàtiques al núvol i facilitaran que més serveis informàtics es dediquin a la producció. Fins i tot els sistemes que controlen els processos podran esdevenir basats en el núvol.
8. **Fabricació additiva:** la impressió en tres dimensions, a més de fer prototips i components individuals com actualment, s'estendrà a produir petits lots de productes personalitzats i això permetrà reduir les matèries primeres, els estocs i les distàncies de transport.
9. **Realitat augmentada:** un operari equipat amb ulleres de realitat augmentada pot, per exemple, rebre instruccions de reparació d'una màquina en el propi lloc de treball. També hi ha aplicacions en el camp de la formació. En el futur, les empreses en faran un ús molt més estès per facilitar als treballadors informació en temps real per millorar la presa de decisions i els procediments de treball.

Per la seva banda, el World Economic Forum (2016) s'adhereix a aquesta idea d'una quarta revolució industrial i hi afegeix els avenços en la genètica, la nanotecnologia i la biotecnologia, entre d'altres. A més, afirma que els sistemes intel·ligents (cases, fàbriques, granges, xarxes i ciutats) permetran afrontar un ampli ventall de problemes que van des de la gestió de les cadenes de subministrament fins al canvi climàtic. Al mateix temps, l'auge de l'economia col·laborativa permetrà a les persones monetitzar-ho tot, des d'una casa desocupada fins al cotxe.

A les tecnologies esmentades s'hi poden afegir els avenços en l'obtenció de nous materials i, en especial, els *sistemes informàtics integrats d'enginyeria de materials* (ICME en anglès). Entre els nous materials destaquen els nano-materials (aquells que tenen propietats morfològiques més petites que un micròmetre en almenys una dimensió) i el grafè (una làmina de carboni d'un sol àtom de gruix, transparent, flexible, lleuger, resistent). El grafè és un excel·lent conductor de l'electricitat i el sensor de llum més ràpid que hi ha al món (Koppens, 2016). Les seves aplicacions seran múltiples, quan es trobi la manera de produir-lo a gran escala, i poden revolucionar bona part de la indústria, per exemple, per al tractament del *big data* o dades massives.

Altres autors, com Brynjolfsson et al. (2014), no parlen de quarta revolució industrial sinó de *segona era de les mà-*

*quines*. La primera era va començar amb la màquina de vapor, mentre que la segona té com a protagonistes els ordinadors i el món digital, que poden portar a una economia global de l'abundància en la qual s'espera un creixement sense precedents. Mentre a la primera era de les màquines els avanços tecnològics complementaven l'home, que era qui mantenia la capacitat de decisió i el control del treball, a la segona, sovint són les màquines les que prenen decisions més eficients, mentre que la part humana lligada a la producció perd importància.

El punt en comú dels diferents enfocaments exposats és la transformació digital de la indústria, la qual, com s'exposa a un informe del Ministeri d'Indústria, Energia i Turisme (2014), genera beneficis, tant per al procés productiu, com per al producte, com per al model de negoci:

- L'aplicació de les tecnologies esmentades als processos productius els farà més eficients (optimització de recursos energètics o de matèries primeres i reducció de costos) i flexibles (escurçament de terminis i personalització de productes).
- La incorporació de les tecnologies esmentades als productes ja existents millorarà les seves funcionalitats i permetrà l'aparició de nous productes. És el cas, per exemple, dels teixits intel·ligents o de la integració de l'electrònica i dels components digitals a l'automòbil, que ja representa el 45% del valor del producte.
- La Indústria 4.0 possibilita l'aparició de nous models de negoci, com per exemple els serveis de cotxe compartit, gràcies a la incorporació de sensors als vehicles, o l'economia col·laborativa<sup>1</sup>.

La Indústria 4.0, a més d'avantatges, també implica uns reptes, que el Ministeri esquematitza en els següents:

- Per al procés productiu: adaptar-se a la hiperconnectivitat del client; gestionar la traçabilitat multidimensional extrem a extrem; gestionar l'especialització per mitjà de la coordinació d'ecosistemes industrials de valor; garantir la sostenibilitat a llarg termini.

<sup>1</sup> L'economia col·laborativa es basa habitualment en plataformes digitals que permeten intercanviar béns o serveis entre els seus usuaris i/o amb la pròpia plataforma. En són exemples: Wikipèdia (enciclopèdia), Airbnb (allotjaments), Blablacar (viatges en automòbil).

- Per a les fases del procés productiu:
  - Disseny: fer servir mètodes col·laboratius per potenciar la innovació.
  - Fabricació: combinar flexibilitat i eficiència; gestionar sèries i temps de resposta més curts.
  - Logística: adoptar models logístics intel·ligents.
  - Distribució i atenció al client: adaptar-se a la transformació de canals i aprofitar la informació per anticipar les necessitats del client.
- Per al producte: oferir productes personalitzats i adaptar la cartera de productes al món digital.
- Per al model de negoci: generar nous models de negoci gràcies a la combinació dels reptes descrits.

Per la seva banda, un estudi fet per encàrrec del Parlament Europeu (Smit et al. 2016) afirma que la Indústria 4.0 només tindrà èxit si es donen certs requisits: estandardització de sistemes, plataformes i protocols; canvis en l'organització del treball per adaptar-se als nous models de negoci; seguretat digital i protecció del *know-how*; disponibilitat de treballadors degudament formats; recerca i desenvolupament; i una xarxa legal comuna dins la Unió Europea per donar suport a la propagació de la Indústria 4.0 dins del Mercat Interior.

Arribats a aquest punt, cal veure quins dels elements o tecnologies descrits anteriorment són més rellevants per a l'èxit de la transformació digital de la indústria i que el document del Ministeri anomena *habilitadors* digitals. Cadascun d'ells pot tenir efecte sobre el producte, el procés i/o el model de negoci i es poden classificar en tres grans categories:

- Habilitadors d'hibridació del món físic i digital: permeten connectar el món físic amb el digital, ja sigui captant la informació del món físic (sensòrica, xarxes socials), transformant la informació digital en un element físic (impressió 3D o realitat virtual) o actuant en ambdues direccions (robòtica avançada o sistemes encastats).
- Comunicacions i tractament de dades: recullen la informació del primer tipus d'habilitadors, la transporten, ofereixen capacitat de processament i en garanteixen la seguretat per posar-la a disposició dels de la tercera categoria (les aplicacions de gestió). També fan aquesta comunicació en sentit invers. Els habilitadors d'aquesta segona categoria són les tecnologies al núvol i, principalment, les infraestructures de comunicacions, fixes o mòbils, les quals, per

a la Indústria 4.0, han de tenir més capacitat i escalabilitat, més cobertura i globalitat, més seguretat i privacitat (ciberseguretat), més versatilitat i qualitat.

- Aplicacions de gestió: aquests habilitadors processen la informació obtinguda de les dues primeres categories i hi apliquen intel·ligència per poder donar-li ús. Hi ha tres tipus d'aplicacions de gestió especialment rellevants per a la indústria: les solucions de negoci (cadena de subministrament, comercials, financeres, de producció i de recursos humans); les d'intel·ligència i control (anàlisi de *bigdata*, ...); i les plataformes col·laboratives, les quals connecten empreses amb empreses (B2B), empreses amb consumidors (B2C), consumidors amb consumidors (C2C), universitats amb empreses (U2B), etc.

La disrupció digital que implica la Indústria 4.0, a més de provocar canvis en l'oferta, com els exposats fins aquí, també implica canvis en la demanda, amb clients més exigents i sofisticats, que es poden resumir en els punts següents:

- Personalització massiva: consisteix en l'adaptació massiva dels productes i serveis a les necessitats i gustos dels clients, cosa que implica un major nombre de referències i unes tirades més curtes.
- Accés omnicanal als productes i serveis: vol dir eliminar les diferències entre canals (internet, màquines d'autoservei, aplicacions mòbils,...) per tal que les relacions amb el client siguin homogènies independentment del canal utilitzat i que es mantingui la coherència en tots els canals, tant físics com digitals.
- Coneixement predictiu dels hàbits d'ús i consum: consisteix en avançar-se a les demandes del client i oferir-li els productes i serveis més alineats amb les seves necessitats, gustos i preferències. En el cas de consumidors, l'empresa recolliria informació per mitjà de programes de fidelització, de comptes d'usuari o de l'explotació de bases de dades transaccionals. En el cas de negoci entre empreses, el proveïdor pot posar-se en contacte amb el client proactivament, sense necessitat d'esperar una comanda.
- Democratització de l'accés a la informació: fa referència a l'accessibilitat, en tot moment, temps i lloc, de tota la informació disponible (notícies, preus, opinions, publicacions, informes, etc.). Els buscadors i els comparadors de preus a internet en són un bon exemple. Però també comencen a sorgir nous models de negoci com webs on el client publica el que cerca i el preu que està disposat a pagar i són els venedors els que li fan ofertes.



També cal tenir en compte els entrebancs que hi ha per a una extensió ràpida i massiva de la Indústria 4.0 entre el teixit productiu. Des del punt de vista de les empreses, els entrebancs són inversament proporcionals a la dimensió de la companyia, de manera que les PIMES, sovint, desconeixen els avanços de la tecnologia i, per tant, no tenen prou consciència sobre la disrupció que pot provocar la Indústria 4.0 en el mercat. A més, acostumen a tenir un accés més difícil al finançament necessari per a les inversions que la transformació digital requereix, a part de què els mitjans productius de la indústria tenen una rigidesa que fa difícil la seva adaptació als canvis. A part, les PIMES sovint tenen poca independència estratègica. Per aquest motiu, el sector públic pot jugar un paper en la creació d'un ecosistema que faciliti la transició de les empreses petites i mitjanes cap a la Indústria 4.0.

Des del punt de vista del sector públic, els entrebancs poden venir de l'entorn regulador, el qual hauria d'establir les bases i els límits operables (per exemple, en el tractament de dades personals), així com de l'adaptació dels sistemes formatius, tant de formació professional com universitària, per tal de donar resposta a la demanda prevista de nous perfils relacionats amb la Indústria 4.0. Amb responsabilitat compartida amb les empreses, també cal superar entrebancs derivats de la falta d'estandardització per tal que permeti desenvolupar sistemes interoperables. L'estandardització és un dels desa-

fiaments més grans per a la implantació a gran escala de la Indústria 4.0 (Smit 2016).

### 3. Aproximació a les conseqüències de la Indústria 4.0

Smit et al. (2016), en un estudi per al Parlament Europeu, realitzen una anàlisi DAFO que resumeix les debilitats, amenaces, fortaleces i oportunitats de la Indústria 4.0 a la UE (quadre 1).

Atès el que s'ha exposat fins aquí, seguint Ruessmann (2015), de Boston Consulting Group, la Indústria 4.0 tindrà efectes en els productors de béns en general i també en les empreses que fabriquen sistemes de producció. Pel que fa als primers, aquesta revolució industrial afectarà tota la cadena de valor, des del disseny fins al servei post-venda:

- Les cèl·lules aïllades de producció actuals seran substituïdes per línies de producció totalment automatitzades i integrades.
- Els prototips físics seran reduïts al mínim ja que el disseny dels productes, dels processos i de l'automatització es farà de forma virtual i totalment integrada amb els proveïdors.

Quadre 1  
Indústria 4.0 a la UE. Anàlisi DAFO

FORTALESES	DEBILITATS
<p>Increment de la productivitat, de l'eficiència (recursos), de la competitivitat i dels ingressos.</p> <p>Augment dels llocs de treball d'alta qualificació i ben remunerats.</p> <p>Millora de la satisfacció del client i nous mercats: increment de la personalització dels productes i de la seva varietat.</p> <p>Major flexibilitat i control de la producció.</p>	<p>Capacitat d'adaptació tecnològica: petites disrupcions poden tenir impactes grans.</p> <p>Dependència d'un ventall de factors d'èxit: estàndards, coherència de l'entorn, oferta laboral amb les habilitats apropiades, inversió i R+D.</p> <p>Costos de desenvolupament i posada en marxa.</p> <p>Pèrdua potencial de control sobre l'empresa.</p> <p>Llocs de treball semi-formatos.</p> <p>Necessitat d'importar mà d'obra formada i integrar els immigrants.</p>
OPORTUNITATS	AMENACES
<p>Reforçament de la posició d'Europa com a líder en indústria manufacturera i altres sectors.</p> <p>Desenvolupament de nous mercats punters per a productes i serveis.</p> <p>Contrapunt a la demografia negativa de la UE</p> <p>Disminució de les barreres d'entrada per a algunes PIMES per participar en nous mercats i noves cadenes de subministrament.</p>	<p>Ciberseguretat, propietat intel·lectual, privacitat de les dades.</p> <p>Treballadors, PIMES, sectors i economies nacionals sense consciència i/o mitjans per adaptar-se a la Indústria 4.0 i que quedaran enrere.</p> <p>Volatilitat de les cadenes de valor globals i vulnerabilitat envers elles.</p> <p>Adopció de la Indústria 4.0 per part dels competidors estrangers que neutralitzin les iniciatives europees.</p>

Font: Smit et al. (2016)

- Les màquines i productes intel·ligents que es comuniquen entre ells i prenen decisions incrementaran la flexibilitat.
- Els processos de producció seran millorats per components dels equips que seran capaços d'aprendre i d'auto-optimitzar-se.
- La logística automàtica, amb robots i vehicles autònoms, s'ajustarà automàticament a les necessitats de producció.
- El servei post-venda també canviarà. Per exemple, els automòbils podran tenir un model virtual actualitzat permanentment amb noves dades que permetrà millorar el servei post-venda, oferir nous serveis, generar descobriments que poden ser usats per al disseny de models ulteriors, etc.

Quant als fabricants de sistemes de producció:

- Els béns d'equip hauran d'incorporar més tecnologies de la informació, així com més tecnologies al núvol i sistemes encastats.
- Els portals on-line de programari i d'economia col·laborativa podran oferir configuracions d'equips més flexibles i adaptables.
- Els fabricants de béns d'equip hauran de competir amb proveïdors de tecnologies de la informació que estan entrant en aquest mercat en expansió.
- La interconnectivitat entre màquines, productes, components i humans requerirà nous estàndards internacionals d'interacció. Ja s'han començat a fer algunes passes en aquest sentit, sobretot a Alemanya i Estats Units.

En resum, la Indústria 4.0 facilitarà processos més ràpids, flexibles i eficients per produir béns de qualitat a costos reduïts, és a dir, incrementarà la productivitat. Ruessmann (2015) ha estimat, per a la indústria alemanya, que, durant els propers 5-10 anys, la productivitat augmentarà entre un 5% i un 8% addicional degut a l'extensió de la Indústria 4.0. Si es considera el guany de productivitat en costos de conversió (és a dir, excloent el cost dels materials), podria arribar a ser d'entre el 15% i el 25%. Aquestes millores serien encara més altes als sectors de maquinària mecànica (20-30%) i d'alimentació i begudes (20-30%) (en costos de conversió).

Així mateix, estima que l'augment de la demanda de nous equips i aplicacions per part de les empreses i d'una àm-

plia varietat de productes personalitzats per part dels consumidors generarà uns ingressos addicionals d'uns 30.000 milions d'euros per any (aproximadament un 1% del PIB alemany).

A més, l'adaptació dels processos productius a la Indústria 4.0 estima que requerirà unes inversions a la indústria alemanya d'uns 250.000 milions d'euros en els propers deu anys (aproximadament un 1-1,5% dels ingressos de la indústria).

Tot plegat impulsarà la innovació, facilitarà el respecte pel medi ambient (estalviant matèries primeres i generant menys residus) i millorarà la seguretat en el treball ja que no s'exposarà als treballadors a tasques i materials perillosos.

Per a què tot això sigui possible, cal una millora de les infraestructures tecnològiques (especialment la banda ampla fixa i mòbil) per tal que puguin donar suport a tot el volum de dades que haurà de circular per elles. En l'àmbit europeu, cal avançar també en la creació d'un mercat únic digital que incrementi els beneficis potencials de les empreses i dels individus. Així mateix, l'Estat podria adaptar la legislació per donar més facilitats a la creació d'empreses i *start-ups* i vetllar més perquè les primeres empreses a arribar no abusin d'un poder de mercat excessiu que impedeixi l'entrada als competidors.

Sembla bastant evident que els efectes de la Indústria 4.0 exposats fins aquí faran que les empreses industrials (tant de béns d'equip com d'altres) hagin d'establir un programa de prioritats per incorporar-se a aquesta revolució, definir el model de negoci que volen seguir, establir canvis organitzatius, adaptar la força de treball, desenvolupar aliances estratègiques, etc.

En concret, Miki Tsusaka (2016), consultora de Boston Consulting Group, apunta tres estratègies que hauran de seguir les empreses que vulguin tenir èxit en la quarta revolució industrial, que són:

- Evitar el parany de l'èxit: les grans organitzacions tenen una forta tendència a la sobreexplotació dels models de negoci existents, en lloc d'explorar noves oportunitats de futur, però això no és inevitable. Les empreses més exitoses seguiran sent-ho si exploten i reinventen el model de negoci al mateix temps. Els *exploradors*, de fet, creixen més ràpid i generen més valor que els *explotadors*.
- Liderar amb convicció: per ser més *exploradors*, cal que els líders no s'espantin davant de la destrucció creativa

dins de l'empresa. Durant la quarta revolució industrial, s'experimentaran successives onades disruptives, per la qual cosa els millors líders no seran els que intentin conservar el passat sinó els que inventin el futur.

- Gestionar una diversitat *correcta*: la diversitat ofereix dos avantatges importants. D'una banda, evita el risc dels monocultius i, de l'altra, crea la plataforma sobre la qual operen la innovació i l'adaptació. Les persones amb diversos orígens, edats i sexes s'acosten als reptes amb diversos punts de vista, cosa que millora la innovació i els resultats empresarials.

Les estratègies empresarials es veuran afectades per totes les tecnologies que donen forma a la Indústria 4.0. Per exemple, en el cas de la fabricació additiva (impressió 3D industrial), Fontrodona i Blanco (2014) mostren que, entre d'altres efectes, accelerarà els cicles de desenvolupament de producte; volatilitzarà les cadenes de valor (amb una possible relocalització industrial); permetrà treballar amb menys estocs; concentrarà tot el valor en el disseny; permetrà més personalització i augmentarà la flexibilitat, la qualitat i la productivitat. Per tot això, canviaran les regles de molts negocis i es reduiran les barreres d'entrada a nous competidors, cosa que obligarà a adaptacions continuades.

### Impacte sobre l'ocupació

Els efectes de la Indústria 4.0 que més s'han estudiat i que més debat generen, però, són els que tenen a veure amb l'ocupació. Seguint Canals (2016), l'automatització provoca un efecte *substitució*: destrueix llocs de treball en determinats sectors i ocupacions. Però també existeix l'efecte *complementarietat*: hi ha llocs de treball en què l'automatització complementa la feina del treballador, per la qual cosa n'incrementen la productivitat i la remuneració. Més enllà d'aquests dos efectes, la innovació tecnològica expandeix la frontera de producció: amb els mateixos recursos, es pot produir més. D'aquesta manera, les successives revolucions industrials han comportat creixement econòmic i augment de rendes a llarg termini. No obstant això, a curt termini, els treballadors de la primera revolució industrial que no van perdre la feina no van veure augmentar el salari real durant dècades, tot i que la seva productivitat va millorar de forma substancial.

Hi ha estudis d'impacte optimistes, com el del Fraunhofer Institute for Systems and Innovation Research (2015), el qual afirma que l'ús de robots industrials no té un efecte negatiu significatiu en els llocs de treball sinó que sembla que el seu

efecte positiu sobre la productivitat i l'increment de vendes pot estimular el creixement de l'ocupació. És més, afirma que les empreses que utilitzen robots industrials durant el procés de manufactura mostren una tendència més baixa a deslocalitzar la seva producció fora d'Europa.

Un altre enfocament optimista l'aporten Lorenz et al. (2015), de Boston Consulting Group, els quals afirmen també que les millores de productivitat eviten deslocalitzacions i fins i tot creen ocupació. En concret, analitzen l'impacte en deu tipus de llocs de treball a Alemanya:

- *Big-data-driven quality control*: si bé els llocs de treball dedicats al control de qualitat disminuiran, se'n crearan de nous a partir dels especialistes en gestió de dades industrials.
- *Robot-assisted production*: els llocs de treball implicats en les operacions de producció es reduiran però s'incrementaran els llocs nous com el de *robot coordinator*.
- *Self-driving logistics vehicles*: podria reduir les necessitats de personal en tasques logístiques.
- *Production line simulation*: podria incrementar la demanda d'enginyers industrials i experts en simulació.
- *Smart supply network*: reduirà el número de llocs de treball en planificació operacional però en crearà de nous a partir de noves necessitats com les de *supply chain coordinator*.
- *Predictive maintenance*: podria incrementar els llocs de treball en disseny de sistemes, TIC, gestió de dades i generar-ne de nous com *digitally assisted field-service engineer*.
- *Machines as a service*: amb nous models de negoci es poden requerir nous treballadors per augmentar les vendes.
- *Self-organizing production*: reduirà la demanda de treballadors en producció però incrementarà la d'especialistes en gestió i interpretació de dades.
- *Additive manufacturing of complex parts*: es crearan nous llocs de treball en disseny en 3D.
- *Augmented work, maintenance and service*: la realitat augmentada incrementa la productivitat dels serveis de manteniment.

Sobre aquesta base, els autors estimen que l'escenari més probable de cara al 2025 seria un creixement addicional del PIB de l'1% anual degut a la Indústria 4.0 que faria que aquesta digitalització de la indústria arribés al 50% del total. Això generaria una pèrdua de 610.000 llocs de treball a tota la cadena de producció, la qual es veuria compensada amb un augment de 960.000 llocs en R+D i TIC, cosa que donaria un creixement net d'ocupació de 350.000 persones.

Ruessmann (2015), de Boston Consulting Group, estima l'increment d'ocupació, també a Alemanya, en un 6% en deu anys, taxa que podria arribar al 10% en el cas del sector de maquinària mecànica. No obstant això, adverteix que es necessitaran habilitats diferents a les actuals. A curt termini, els treballadors poc qualificats que fan tasques simples i repetitives es veuran desplaçats, mentre que es demandaran més especialistes en programari, en TIC i en mecatrònica. Smit (2016) afirma que les habilitats de la força de treball a la UE per a la Indústria 4.0 són desiguals segons els Estats Membres, la qual cosa porta a una concentració creixent en els centres (regions) més avançats i a una competició entre ells.

Tanmateix, també hi ha estudis menys optimistes. Morrón (2016) alerta que l'automatització es pot estendre a qualsevol tasca no repetitiva, com la conducció de vehicles o el diagnòstic mèdic, per la qual cosa multiplica el seu impacte negatiu. L'avanç tecnològic és de tal magnitud que McKinsey (2015) estima que el 45% de les tasques existents als EUA podrien ser automatitzades avui mateix, si bé cal tenir en compte que un lloc de treball comprèn múltiples tasques.

Així mateix, Frey et al. (2013) han calculat la probabilitat que cada professió, als Estats Units, pugui ser automatitzada.

Morrón adapta la seva metodologia a Espanya per a 485 professions, un extracte de les quals es pot veure al [quadre 2](#). Les menys afectades són les que requereixen habilitats exclusives de l'ésser humà, com la creativitat, la motivació, la innovació, la cooperació, la intuïció, la capacitat de comunicar i emprendre, la persuasió i l'originalitat. Per exemple, llocs dels sectors de salut, educació, serveis socials i art.

Per grups, Morrón estima que el 43% dels llocs de treball existents en l'actualitat tenen un risc elevat (amb una probabilitat superior al 66%) de poder ser automatitzats a termini mitjà, mentre que la resta queden repartits, a parts iguals, entre el grup de risc mitjà (entre el 33% i el 66%) i baix (inferior al 33%). No obstant això, adverteix que cal no confondre la destrucció de professions amb la desaparició de llocs de treball ja que hi ha la possibilitat de reorientar la naturalesa del treball i alliberar els treballadors perquè es puguin dedicar a noves activitats en les quals desenvolupin tot el seu potencial, com ja van fer l'aspiradora o la rentadora en l'àmbit domèstic. Els robots tenen una gran capacitat lògica i de gestió del *big data*, però la inspiració, la intuïció i la creativitat queden lluny del seu abast.

Per la seva banda, el World Economic Forum (2016) afirma que, si no es prenen mesures, els governs hauran d'enfrontar-se a una desocupació cada vegada més gran i, per tant, una base de consumidors cada vegada més petita ([quadre 3](#)). Es preveu una destrucció neta de 5 milions de llocs de treball (7 milions destruïts i 2 milions creats).

A part de la desaparició de tasques, un problema important que pot generar la Indústria 4.0 és l'augment de la desigualtat a curt termini ja que els treballadors amb feines que siguin més fàcilment automatitzables veuran reduït el seu salari mitjà. Entre ells no hi ha només els que fan tasques repetiti-

Quadre 2  
Professions i risc d'automatització

Professió	Grup de risc	Probabilitat (%)
Metges de família	Baix	0,42
Compositors, músics, cantants	Baix	4,45
Economistes	Mitjà	43,00
Analistes financers	Mitjà	46,00
Transportistes (cotxes, taxis, furgonetes)	Mitjà	56,78
Empleats de comptabilitat	Alt	97,00
Operadors de telemàrqueting	Alt	99,00

Font: CaixaBank Research, a partir de dades de Frey i Osborne (2013) i de l'INE

Quadre 3  
**Impacte en l'ocupació per grups de feines a tot el món (2015-2020)**  
(Milers d'ocupats)

Feines	Impacte negatiu	Feines	Impacte positiu
Oficina i administració	-4.759	Negocis i operacions financeres	+492
Manufactura i producció	-1.609	Administració d'empreses	+416
Construcció i extracció	-497	Ordinadors i matemàtiques	+405
Arts, disseny, entreteniment, esports i comunicació	-151	Arquitectura i enginyeria	+339
Dret	-109	Vendes i activitats relacionades	+303
Instal·lació i manteniment	-40	Educació i formació	+66

Font: World Economic Forum (2016)

ves sinó professionals amb coneixements intermedis i salaris mitjans. Simultàniament, una nova classe d'elits formada per inversors i emprenedors es distanciarà cada cop més de la massa de treballadors (Brynjolfsson et al., 2014). Un augment de la desigualtat podria provocar una infrainversió en educació per una part de la població, la qual cosa acabaria repercutint en un menor creixement agregat, llevat que les polítiques públiques garanteixin l'accés a una educació de qualitat dels col·lectius més desfavorits. Altres mesures serien: propiciar que els treballadors puguin convertir-se en accionistes (Mestres, 2016) o tallar la vinculació entre treball i mitjans de subsistència amb una renda universal, de manera que l'ingrés de la societat es divideixi per a què tothom tingui garantit un nivell de vida digne (Bauman, 2016).

Al mateix temps, s'espera que el 2020 sigui més difícil trobar especialistes a la majoria dels sectors, especialment en els rols relacionats amb la informàtica i les matemàtiques (World Economic Forum, 2016). Més d'una tercera part de les competències de la majoria d'ocupacions estarà formada per habilitats que actualment no es consideren crucials, especialment a la indústria i als serveis financers.

Per tot això, la major part d'autors recomanen innovar en polítiques d'ocupació i en formació, tant per part dels poders públics com de les empreses. Cal repensar el sistema educatiu i incentivar la formació continuada amb una col·laboració estreta entre el sector públic i les empreses per tal que l'oferta s'adapti a la demanda, tal i com ja fan els sistemes de formació professional dual que hi ha a Alemanya, Dinamarca i Àustria.

Una altra conseqüència de la Indústria 4.0 sobre l'ocupació és la tendència cap a una feina més flexible, deguda a conceptes com el teletreball, els espais de *co-working*,

els equips virtuals, el *freelancing*, les plataformes de talent *on-line* i els treballadors de l'economia *gig*<sup>2</sup>, coses que demanen una actualització de la regulació del mercat laboral. Un d'aquests conceptes nous és l'economia col·laborativa, o *sharing economy*, que és, segons la web especialitzada *Consumocolaborativo.com*, una nova manera de compartir, intercanviar, prestar, llogar o regalar un bé o servei a partir de les noves tecnologies i les comunitats en xarxa. És una redefinició d'unes activitats que sempre s'han dut a terme, però mai a una escala global.

Aquest replantejament d'unes activitats tradicionals ha estat possible, entre altres motius, gràcies a la digitalització de la societat: una capacitat d'ample de banda cada cop més elevada; la creació constant de nous canals digitals, aplicacions i xarxes socials; i els avenços en geolocalització i en pagaments via mòbil.

Segons la *Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia* (2016), en el període 2000-2015, l'economia col·laborativa ha representat a tot el món gairebé 26.000 milions de dòlars però, segons MATZLER, Kurt et al. (2014), s'espera que pugui arribar a 335.000 el 2025. El 86% d'aquesta activitat es distribueix en comunitats relatives al transport (62%), l'allotjament temporal (18%) i el micromecenatge (6%).

Aquesta nova manera d'entendre els intercanvis econòmics també està influïent en la producció de béns i serveis, ja que introdueix un element rellevant: la necessitat d'obrir els drets de propietat intel·lectual i industrial per facilitar processos d'innovació oberta i alta participació. Aquest fenomen, que

<sup>2</sup> L'economia *gig* fa referència a aquells treballadors que utilitzen aplicacions d'Internet creades per empreses intermediàries per buscar clients per als quals realitzar petites tasques a curt termini (per exemple, Uber). Mestres (2016).

sembla abstracte, el tenim aplicat des de fa molts anys a plataformes com *Linux* o *Viquipèdia*, així com a projectes més recents com *Wikispeed*<sup>3</sup> o *Sensorica*<sup>4</sup>.

En l'àmbit industrial, la implantació progressiva d'innovacions com la impressió 3D genera la necessitat d'accedir a serveis d'aquest tipus en un moment en el qual adquirir i mantenir aquesta tecnologia no està a l'abast de tothom. Segons un informe de Barcelona Activa (2015), l'economia col·laborativa dona resposta a aquest fet a partir de plataformes com *3DHubs*, on els usuaris posen al servei de la comunitat les seves impressores. També els *FabLabs* cobreixen aquesta demanda amb una oferta compartida de maquinària. D'aquesta manera, s'aconsegueix expandir l'ús i la normalització d'aquesta tecnologia, tot accelerant els processos d'evolució tecnològica.

Els reptes que té per davant l'economia col·laborativa són bàsicament els relatius a la compatibilitat amb les diferents legislacions vigents i la gestió del volum de dades que genera, així com la competència en mercats controlats per grans monopolis.

## 4. Formació per a la transformació digital

### 4.1 La formació professional<sup>5</sup>

La relació entre la Indústria 4.0 i la formació professional es pot analitzar des de dues vessants. D'una banda, la digitalització massiva, tal i com s'ha comentat, ja ha començat a modificar les formes de producció, d'interacció i de distribució d'una forma més automatitzada i descentralitzada, per la qual cosa s'estan reformulant molts llocs de treball i, per tant, la demanda dels perfils professionals necessaris per desenvolupar-los. Molts d'aquests llocs estan directament vinculats a la formació professional, especialment a les famílies de fabricació mecànica; d'electricitat i electrònica; d'instal·lació i manteniment i d'informàtica i comunicació. Cal, per tant, que l'oferta de titulacions s'adeqüi a les noves demandes de perfils professionals que genera la indústria.

De l'altra, la Indústria 4.0 pot modificar les metodologies d'aprenentatge en l'FP. La producció de prototips automatit-

zats, la incorporació de les impressores 3D, els programaris de simulació de la producció, etc. poden contribuir a millorar i a incentivar l'aprenentatge *Learning by doing* promogut des de la Unió Europea<sup>6</sup> i, alhora, fer que les especialitats industrials siguin més engrescadores, interessants i especialment aplicables que no pas altres més centrades en els coneixements teòrics i/o de serveis.

Davant d'això, quina és la situació actual de la formació professional amb relació a la Indústria 4.0? El principal tret a destacar és el decalatge entre l'oferta i la demanda de titulacions. Pel que fa a l'oferta, tot i que la formació professional s'ha revaloritzat en general i ha vist incrementar el nombre de places i de matriculacions, els cicles formatius més relacionats amb la indústria (electricitat i electrònica, fabricació mecànica i instal·lació i manteniment) han experimentat en els darrers anys un manteniment o una disminució de les matriculacions (*quadres 4 i 5* i *gràfic 1*, relatives a Barcelona) que, fins i tot, ha comportat el tancament d'alguns cicles. A part, cal tenir en compte que les especialitats industrials tenen poc atractiu per a les noies, de manera que representen només el 5% de les matriculacions.

En contrast amb aquesta disminució de l'oferta de titulats en FP industrial, les empreses demanen cada cop més especialistes en mecatrònica, comunicacions industrials, *big data & analytics*, disseny d'interfícies, manteniment de robots específics, disseny industrial en 3D i altres noves ocupacions vinculades amb les tecnologies basades en la Indústria 4.0. Les dades de l'*Enquesta d'inserció dels recentment graduats* que elabora anualment el Departament d'Ensenyament conjuntament amb el Consell de Cambres així ho evidencien: els graduats en un cicle de la família de fabricació mecànica presenten un millor nivell d'inserció que el conjunt de graduats (*gràfic 2*).

Com a conseqüència d'aquest decalatge entre oferta i demanda, cal, d'una banda, fomentar les vocacions industrials, sobretot entre les dones i, de l'altra, adaptar els continguts curriculars a la Indústria 4.0. Les empreses demanen persones amb uns perfils professionals força concrets i especialitzats, que puguin adaptar-se als canvis que el sector va generant, com per exemple la capacitat d'adaptació de llenguatges de programació, el coneixement pràctic i real en sistemes operatius i dispositius en xarxa, la capacitat d'analitzar grans quantitats de dades o la programació robòtica. Tot i que en els darrers anys s'han creat o adaptat algunes titu-

<sup>3</sup> Projecte col·laboratiu als EUA per a la fabricació d'un vehicle lleuger.

<sup>4</sup> Projecte col·laboratiu a Canadà per al disseny i desenvolupament de sensors intel·ligents.

<sup>5</sup> Capítol extret de: FUNDACIÓ BCN FORMACIÓ PROFESSIONAL (2017): *Els sectors econòmics emergents i la formació professional a la Regió Metropolitana de Barcelona. Sector: Indústria 4.0*. Observatori de l'FP a Barcelona.

<sup>6</sup> <http://www.cedefop.europa.eu/it/publications-and-resources/statistics-and-indicators/statistics-and-graphs/learning-doing-importance>

Quadre 4  
**Titulacions d'FP directament relacionades amb la Indústria 4.0. Oferta curs 2016-2017**

Família professional	CFGM	CFGS
Electricitat i electrònica	Tècnic/a en Equips Electrònics de consum Tècnic/a en Instal·lacions de Telecomunicacions. Tècnic/a en instal·lacions Elèctriques i Automàtiques	Tècnic/a superior en Automatització i robòtica industrial Tècnic/superior en Manteniment Elèctric Tècnic/a superior en Sistemes de Telecomunicació i informàtics Tècnic/a superior en Sistemes Electrotècnics i automa-titzats Tècnic/a superior en Sistemes Electrotècnics i Automatit-zats, adaptats a les instal·lacions elèctriques i de comuni-cació dels vaixells esportius d'esbarjo
Fabricació mecànica	Tècnic/a en Mecanització Tècnic/a en Mecanització Manteniment i Reparació en Rellotgeria Tècnic/a en Soldadura i Caldereria	Tècnic/a superior en Construccions metàl·liques Tècnic/a superior en Disseny en Fabricació Mecànica Tècnic/a superior en Programació de la Producció en Fabricació Mecànica Tècnic/a superior en Òptica d'Ulleres
Instal·lació i manteniment	Tècnic/a en Instal·lacions Frigorífiques i de climatització Tècnic/a en Instal·lació de Producció de calor Tècnic/a en Manteniment Electromecànic Tècnic/a en Manteniment de Vaixells d'Esbarjo i Serveis Portuaris	Tècnic/a superior en Desenvolupament de Projectes d'Instal·lacions Tèrmiques i de Fluids Tècnic/a superior en Manteniment d'Instal·lacions de Fluids Tècnic/a superior en Mecatrònica industrials -Tècnic/a superior en Prevenció de Riscos Professionals

Font: Elaboració pròpia a partir de la Guia de l'FP. Fundació BCN Formació Professional

Quadre 5  
**Evolució de la matriculació de les famílies professionals directament relacionades. Barcelona. 2009-2015**

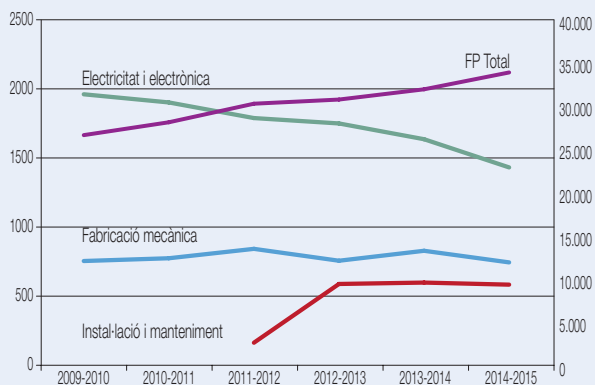
Família professional	2009-2010	2010-2011	2011-2012	2012-2013	2013-2014	2014-2015	Increment
Fabricació mecànica	755	776	843	757	829	745	-1,3%
Instal·lació i manteniment	-	-	164	589	599	584	256,1%
Electricitat i electrònica	1.961	1.902	1.789	1.750	1.636	1.432	-27,0%
<b>Total FP</b>	<b>26.649</b>	<b>28.136</b>	<b>30.285</b>	<b>30.766</b>	<b>31.951</b>	<b>33.902</b>	<b>27,2%</b>

Font: Elaboració pròpia a partir de les dades dels diferents Anuaris de la Formació Professional a Barcelona. Fundació BCN Formació Professional

lacions, les empreses continuen pensant que els continguts curriculars impartits a l'aula no estan suficientment adaptats per dotar els futur graduats de les competències necessàries en matèria d'Indústria 4.0. Un altre aspecte que les empreses encara troben fluix en els continguts formals és l'adquisició de les competències transversals, cada cop més valorades, com ara els idiomes, el treball en xarxa, l'adaptació als canvis, la creativitat, la proactivitat, l'autogestió i la resiliència.

Cal tenir en compte que la velocitat d'adaptació del món educatiu és diferent de la del productiu degut a diversos factors: en primer lloc, la rigidesa curricular establerta des del *Ministerio de Educación*, així com la poca flexibilitat de les normatives i de la legislació acadèmica. En segon lloc, les dificultats per a la formació continua o el reciclatge del professorat ja que, tot i existir mesures com les estades de professorat en empreses, la dificultat per substituir-los a l'au-

Gràfic 1  
Evolució de la matriculació de les famílies professionals  
directament relacionades (Barcelona. 2009-2015)



Font: Elaboració pròpia a partir de les dades dels diferents Anuaris de la Formació Professional a Barcelona. Fundació BCN Formació Professional.

la fa que s'utilitzin poc. També cal destacar la distància que encara hi ha entre els centres de formació professional i les empreses.

No obstant tot l'anterior, és important destacar els punts forts de la formació professional amb relació a la Indústria 4.0, com ara l'existència cada cop major de professorat emprenedor i proactiu o la proliferació d'iniciatives dels centres i del professorat que aposten per desplegar a l'aula eines que permeten treballar amb fabricació additiva, realitats augmentades, simulació en 3D, Internet de les coses, etc.

També és un punt fort l'existència dels anomenats *nadius digitals*, la generació de joves que, havent nascut després del

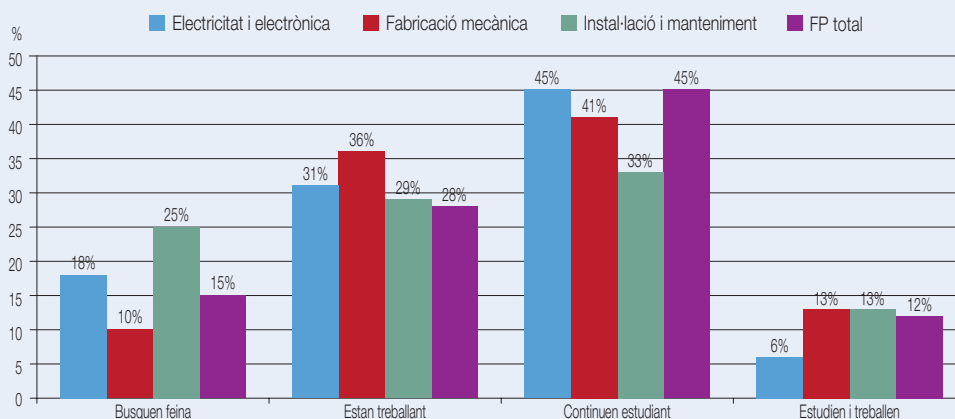
1990, ha crescut en un entorn tecnològic i digital normalitzat i que poden ser més proclius a estudiar els cicles formatius industrials. Per últim, però no menys important, Catalunya disposa d'un teixit productiu competitiu i que s'està adaptant ràpidament al canvi tecnològic, cosa que cal aprofitar amb la promoció del programa Innova FP (que ofereix serveis d'innovació de producte o de procés i que es posa a disposició de les empreses petites i les microempreses per millorar la innovació), així com amb el desplegament de la formació professional en alternança amb la modalitat dual (formació combinada entre els centres i l'activitat productiva de l'empresa). Existeix un gran consens en l'oportunitat que representa l'FP dual com a motor de canvi en la formació d'aprenents i d'obtenció de mà d'obra qualificada. La filosofia que va promoure originalment el Centre de Formació Professional de l'Automoció de Catalunya, malauradament encara pendent de posada en marxa, s'hauria d'estendre a altres sectors i territoris.

En definitiva, la Indústria 4.0 està generant una explosió de noves professions i de canvis en les existents que fa que l'FP tingui un paper determinant en la formació de persones amb els perfils necessaris per desenvolupar-les. El sistema català d'FP té el potencial per fer front a aquest repte.

#### 4.2 La formació universitària

Catalunya compta amb universitats amb estudis tècnics molt ben posicionats. Segons el QS World University Ranking 2015, sis graus impartits a les universitats catalanes estan entre els 50 millors del món, dos dels quals són de l'àmbit de l'enginyeria. Segons l'FDI Benchmark 2015-2016, Barcelona

Gràfic 2  
Inserció laboral dels graduats en FP per famílies professionals. Barcelona  
(Curs 2014-2015)



Font: Elaboració pròpia a partir de les dades de l'Enquesta d'inserció laboral dels ensenyaments professionals 2015. Departament d'Ensenyament de la Generalitat de Catalunya i Consell General de Cambres de Catalunya.



és la tercera millor ciutat europea (després de Dublín i Berlín), en disponibilitat de científics i enginyers.

Tanmateix, la formació universitària a Catalunya s'enfronta al gran repte d'adaptar-se a les necessitats de l'era digital i la quarta revolució industrial. Exemples de bones pràctiques estan sorgint a pràcticament totes les universitats catalanes, però encara són incipients i amb un escàs impacte global. Per exemple, des de la Fundació CIM (UPC) i diverses escoles de la UPC es realitza recerca i s'impulsen programes de col·laboració amb l'empresa per a la implantació de solucions per a la Indústria 4.0.

A Espanya, es pot destacar, entre altres iniciatives, el «Programa en Indústria 4.0» que ha posat en marxa la Universitat de Deusto del País Basc, que està enfocat al concepte de fàbriques intel·ligents i connectades: la transformació digital de les empreses industrials, els seus processos, productes i mercats. O el programa que l'IESE realitza a Barcelona i Múnic «Industry 4.0: The Future of Manufacturing», i que té per objectiu crear valor per mitjà d'un profund coneixement de la indústria 4.0, les seves oportunitats i les seves barreres; explorar i analitzar l'impacte dels nous models de fabricació en el seu negoci; i formar els líders que guiaran la transformació de la fabricació. En definitiva, el programa s'adreça als directius que han de liderar la transformació industrial, ja que han d'estar completament immersos en les qüestions crítiques de la Indústria 4.0 incloent canvis radicals en la tecnologia de procés, l'aparició de la impressió industrial amb tecnologia 3D, connectivitat total i grans volums de dades.

Una altra bona pràctica és la posada en marxa per Oracle Academy a 105 països i a la qual s'han unit diverses universitats catalanes. Així, els estudiants de la UIC (Universitat Internacional de Catalunya), la UPC (Universitat Politècnica de Catalunya) i l'Escola Superior Politècnica del TecnoCampus, podran beneficiar-se d'aquests recursos. L'objectiu del programa és que els professionals del futur rebin una formació i experiència amb les últimes tecnologies, que contribueixen a crear professionals preparats per a la nova era del *big data*, el núvol i l'Internet de les coses. En general, els especialistes comenten que a Catalunya s'estan creant bons grups d'investigació i exposen que pràcticament totes les universitats hi estan treballant, si bé encara falten més estudiants interessants en enginyeria i TIC.

La revolució industrial 4.0 està obrint noves oportunitats laborals i professionals que seran cobertes en la mesura que hi hagi perfils adequats a aquestes necessitats. Per això, la col·laboració entre empresa i universitat pren molta impor-

tància, atès que aquest nou sector requerirà de perfils que potser avui no existeixen, i per tant farà falta un gran esforç per part de les entitats educatives. Es preveu que la Indústria 4.0 comporti un canvi en la demanda de professionals: el nombre de personal semi-qualificat anirà en descens i es crearan nous llocs de treball d'alta qualificació sobretot vinculats a les tecnologies de la informació. Analistes de dades, dissenyadors d'aplicacions i de robòtica, entre altres, són perfils que les empreses, tecnològiques i no tecnològiques, estan demandant cada vegada més. La Unió Europea ha estimat que es crearan a l'entorn de 900.000 llocs de treball tecnològics fins al 2020<sup>7</sup>. Això suposa una gran oportunitat per a estudiants, però a la vegada, planteja un gran repte a la comunitat educativa per la falta d'especialització de professionals que puguin cobrir-los i la necessitat de formar-los a termini curt i mitjà.

A Espanya, segons l'informe «La digitalització: ¿Crea o destrueix llocs de treball?» elaborat per Randstad Research, s'estima que la digitalització generarà 1,25 milions de llocs de treball en els propers cinc anys (fins al 2022): 390.000 seran STEM —Science, Technology, Engineering i Mathematics—, 689.000 corresponen a llocs de treball induïts que els donaran suport; i 168.000 seran treballs indirectes. Aquesta investigació conclou que per a cada lloc de treball creat en alta tecnologia, se'n creen entre 2,5 i 4,4 d'addicionals en la resta de sectors econòmics. És a dir, les polítiques que potencien l'ocupació STEM tenen repercussions positives que afecten nombroses activitats, incloses les no STEM. A més, l'ocupació STEM és més resistent a les recessions i genera nivells de productivitat més elevats. El que més preocupa és que el nombre d'estudiants matriculats en carreres STEM ha baixat en més de 65.000 professionals en els últims set anys a Espanya. En termes relatius, ha passat de representar el 30% del total d'estudiants el 2009 al 26% el 2016. El descens demogràfic entre els matriculats també influeix en aquest panorama laboral gens encoratjador: el nombre de joves que accedirà a aquesta formació superior disminuirà a un ritme anual del 3,3% fins a 2021: de 69.000-57.600.<sup>8</sup>

A Catalunya es pot estimar, a partir dels resultats presentats per Randstad, que en els propers cinc anys es crearan fins a 67.000 llocs de treball STEM<sup>9</sup> (uns 13.400 a l'any).

<sup>7</sup> [http://ec.europa.eu/europe2020/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/europe2020/index_en.htm)

<sup>8</sup> «La digitalització: ¿Crea o destrueix llocs de treball?», Randstad Research.

<sup>9</sup> Aplicant el percentatge que representa l'ocupació de Catalunya sobre el total d'Espanya, que segons l'EPA de 2015 és el 17,2%.

Quadre 6  
Dades de graduats i màster STEM (per àmbit d'estudi). Curs 2014-2015

	Graduats 1er. 2on. cicle		Màster		Total (Graduats i Màster)		
	Espanya	Catalunya	Espanya	Catalunya	Espanya	Catalunya	Cat/Esp (%)
<b>Total egressats</b>	<b>223.596</b>	<b>35.308</b>	<b>75.097</b>	<b>11.299</b>	<b>298.693</b>	<b>46.607</b>	<b>15,6</b>
<b>Total egressats STEM</b>	<b>45.446</b>	<b>7.319</b>	<b>10.801</b>	<b>2.229</b>	<b>56.247</b>	<b>9.548</b>	<b>17,0</b>
<b>% egressats STEM / total</b>	<b>20,3</b>	<b>20,7</b>	<b>14,4</b>	<b>19,7</b>	<b>18,8</b>	<b>20,5</b>	
<b>Total ciències, matemàtiques i computació</b>	<b>17.241</b>	<b>2.815</b>	<b>6.443</b>	<b>1.469</b>	<b>23.684</b>	<b>4.284</b>	<b>18,1</b>
Ciències	9.544	1.575	4.364	1.016	13.908	2.591	18,6
Matemàtiques	903	79	289	42	1.192	121	10,2
Estadística	246	60	256	57	502	117	23,3
Ciències de la computació	6.548	1.101	1.534	354	8.082	1.455	18,0
<b>Total enginyeria i indústria</b>	<b>28.205</b>	<b>4.504</b>	<b>4.358</b>	<b>760</b>	<b>32.563</b>	<b>5.264</b>	<b>16,2</b>
Enginyeria i professions afins	6.288	1.121	1.132	223	7.420	1.344	18,1
Mecànica i metal·lúrgia	5.272	811	330	16	5.602	827	14,8
Electricitat i energia	2.227	206	680	37	2.907	243	8,4
Electrònica i automàtica	7.038	1.049	574	141	7.612	1.190	15,6
Processos químics	3.159	707	671	158	3.830	865	22,6
Vehicles de motor	2.352	353	140	21	2.492	374	15,0
Indústria de l'alimentació	837	155	632	126	1.469	281	19,1
Indústria tèxtil, confecció, del calçat i pell	9	8	31	5	40	13	32,5
Indústries d'altres materials (fusta, paper, plàstic, vidre)	273	18	135	15	408	33	8,1
Mineria i extracció	750	76	33	18	783	94	12,0

Font: Ministeri d'Educació, Cultura i Esport

Al quadre 6 es detalla el nombre de graduats STEM per àmbit d'estudi a Catalunya i Espanya el curs 2014-2015, segons dades del Ministeri d'Educació, Cultura i Esport. A Catalunya, el nombre total de graduats i màsters en els àmbits funcionals STEM suma 9.548 persones, el 17% del total a Espanya. Respecte al total de graduats el mateix curs, el percentatge de graduats i Màster STEM és del 20,5%.

Si considerem com a supòsit de base que en els propers anys caldrà cobrir una demanda de llocs de treball STEM de 13.400 a l'any i les dades més recents ens mostren que el nombre de graduats que surten de les universitats és de només 9.548, es pot concloure que hi haurà un gap entre la demanda i l'oferta de titulats de fins a un 40%. És a dir, que faltaran a l'entorn de 3.800 graduats cada any (en la realitat, aquest gap serà menor perquè podrà ser cobert per titulats procedents d'altres universitats espanyoles o estrangeres). En cas que es volgués assolir un percentatge de graduats STEM del 30% caldria que el nombre de graduats arribés als 14.000 a l'any.

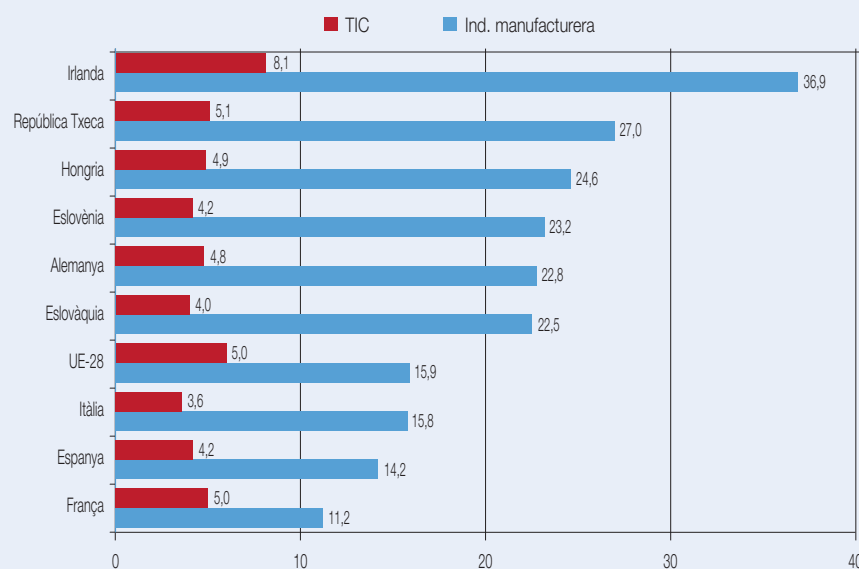
En el sector de les TIC, actualment ja existeix un problema entre l'oferta i la demanda de professionals. Mentre que la

demanda creix de forma continua, les persones graduades no creix de forma proporcional, fet que ocasiona un dèficit de professionals i vacants que queden sense cobrir. Tal i com s'assenyala en un estudi d'Adecco<sup>10</sup> (2016), ja el 2015 a tota Europa hi va haver un dèficit de 365.000 treballadors en l'àmbit de les TIC. Si es té en compte que hi ha un 60% menys de persones que estudien enginyeria informàtica del que el mercat demanda, aquest dèficit pot incrementar-se fins a les 756.000 l'any 2020. L'empresa de recursos humans Randstad ha advertit que Espanya serà un dels països europeus amb més desajust entre la formació dels seus professionals i les necessitats de les empreses.

Segons dades recollides per l'Observatori per a l'Ocupació en l'Era Digital, vuit de cada 10 joves d'entre 20 i 30 anys trobaran una feina relacionada amb l'àmbit digital en treballs que encara no existeixen. Les 10 professions més sol·licitades seran: enginyer *smart factory*, *chief digital officer*, expert en innovació digital, *data scientist*, expert en *big data*, arquitecte expert en *smart cities*, expert en usabilitat, director de

<sup>10</sup> [http://www.adecco.es/\\_data/NotasPrensa/pdf/764.pdf](http://www.adecco.es/_data/NotasPrensa/pdf/764.pdf)

Gràfic 3  
Pes en el VAB de la indústria manufacturera i del sector TIC. Any 2015  
(En %)



continguts digitals, expert i gestor de riscos digitals i director de màrqueting digital. Avui l'increment de la demanda d'algunes d'aquestes ocupacions ja és una realitat. Segons la consultora de selecció de comandaments intermedis, mitjans i directius del Grup Adecco, el treball més cotitzat el 2016 ha estat el de *growth hacker* i el més buscat, el d'especialista en *big data*.

Per tal d'estudiar quina és la situació actual al nostre país respecte a l'oferta de graduats en aquells camps que tindran una major demanda en el futur per cobrir les necessitats de la Indústria 4.0, hem fet una comparativa a nivell europeu. Primer, hem seleccionat aquells països que tenen un major pes de la indústria manufacturera en la seva economia. Segon, hem mirat per aquestes economies quin és el percentatge de graduats en educació terciària en els camps vinculats a la Indústria 4.0, que són: 1) ciència, matemàtiques i computació, 2) enginyeria i manufactura; és a dir, els anomenats STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics). I, finalment, hem fet una simulació per a Espanya considerant Alemanya com a model quant a percentatge de graduats STEM respecte al total.

Els països seleccionats per fer l'anàlisi han estat aquells que tenen un pes del sector industrial manufacturera superior al 20% del VAB total (6 en total), que són: Alemanya, Irlanda i quatre països de l'est d'Europa (República Txeca, Hongria, Eslovènia i Eslovàquia). A més, s'han seleccionat tres països

més de referència a Europa: Espanya, Itàlia i França. A la [gràfic 3](#) es detalla el pes del sector manufacturera i també del sector TIC, un sector fonamental a tenir en compte quan parlem d'Indústria 4.0.

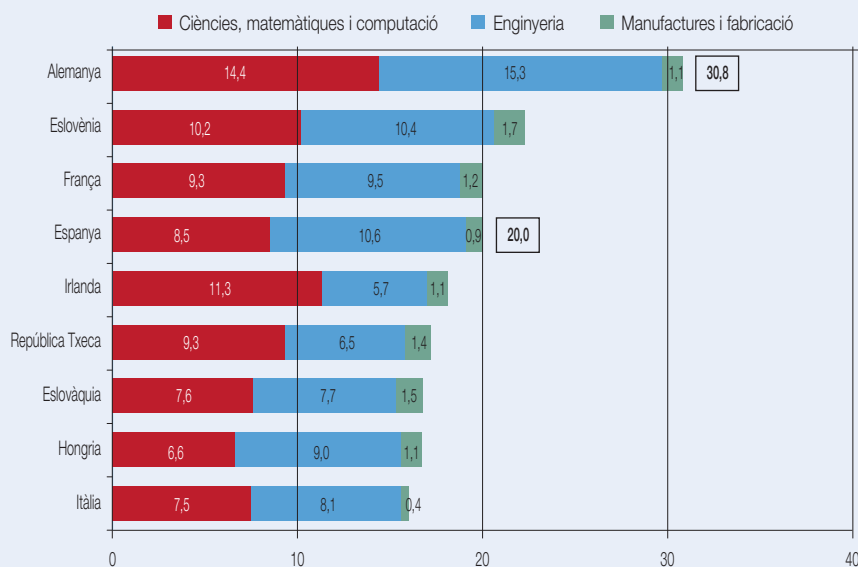
El segon pas ha estat analitzar, per aquest grup de països, el percentatge de graduats amb estudis terciaris STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics)<sup>11</sup> respecte al total de graduats ([gràfic 4](#)). A Espanya, el 2014 es van graduar 443.321 estudiants, segons Eurostat. Cal advertir que aquesta xifra difereix força de la publicada pel Ministeri d'Educació, entre altres raons perquè incorpora tot tipus de formació terciària i superior<sup>12</sup>. En tot cas, per fer la comparativa internacional les úniques dades disponibles són les que publica Eurostat i, per tant, són aquestes les que s'utilitzaran en l'anàlisi que ve a continuació.

Del total de graduats STEM, 37.557 es van graduar en ciències, matemàtiques i computació (el 8,5% del total), 47.206 en enginyeria (el 10,6% del total) i 3.873 en manufactures (0,9% del total). En total, el 20% dels graduats a Espanya el 2014 van fer-ho en aquestes carreres (88.636). Aquest percentatge està força lluny del 30,8% que suposa a Alemanya, és similar al de França, però supera el d'Irlanda, Itàlia i el de

<sup>11</sup> <http://ec.europa.eu/eurostat/web/science-technology-innovation/data/database>

<sup>12</sup> Levels 5-8 d'Eurostat (cicles, màster i doctorat).

Gràfic 4  
**Percentatge de graduats en carreres STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) (Any 2014)**



Font: Eurostat.

la majoria de països de l'est d'Europa més industrialitzats (com Rep. Txeca, Eslovàquia i Hongria) (vegeu quadre 7).

Si l'objectiu és assolir el mateix percentatge de graduats STEM que Alemanya, que lidera clarament l'economia 4.0 aplicada a la indústria —per tant, que siguin el 30% dels graduats totals—, l'any 2014 el nombre de titulats STEM hauria d'haver estat un 54% superior, és a dir, s'haurien d'haver graduat 136.680 persones, 48.044 més dels actuals. El repartiment per àmbits d'especialització d'aquest increment es

mostra al quadre 7. Destaca l'augment estimat d'enginyers (20.674 més), de científics (17.620 més) i de matemàtics i estadístics (7.054 més). Tanmateix, el major percentatge de graduats terciaris a Espanya en comparació a altres països europeus fa que aquest càlcul pugui estar esbiaixat a l'alça.

Una altra forma de veure si el nombre de graduats STEM és adequat a la nostra economia, és comparant la ràtio entre el nombre de graduats STEM i la població total. El resultat que s'obté és que a Espanya la ràtio és d'1,91 graduats STEM

Quadre 7  
**Escenari A: Increment dels graduats sota el supòsit que Espanya iguali el percentatge de graduats en STEM amb Alemanya**

	Nombre graduats		% graduats totals		Escenari Esp = Alemanya	
	Espanya	Alemanya	Espanya	Alemanya	Espanya	Increment
<b>Total graduats</b>	<b>443.321</b>	<b>521.845</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>443.321</b>	<b>0</b>
<b>Total STEM</b>	<b>88.636</b>	<b>160.890</b>	<b>20,0</b>	<b>30,8</b>	<b>136.680</b>	<b>48.044</b>
Ciència, matemàtiques i computació	37.557	75.222	8,5	14,4	63.903	26.346
Ciència	17.645	41.511	4,0	8,0	35.265	17.620
Matemàtiques i estadística	2.041	10.706	0,5	2,1	9.095	7.054
Computació	17.871	23.005	4,0	4,4	19.543	1.672
Enginyeria i manufactures	51.079	85.668	11,5	16,4	72.777	21.698
Enginyeria	47.206	79.903	10,6	15,3	67.880	20.674
Manufactures	3.873	5.765	0,9	1,1	4.898	1.025

Font: Elaboració pròpia a partir de dades Eurostat (2014)

per cada 1.000 habitants, mentre que a Alemanya aquesta ràtio és d'1,98 (quadre 8). Per tant, si apliquem la ràtio d'Alemanya al cas espanyol, s'obté que el nombre de graduats STEM hauria de passar dels 88.636 actuals a 92.038. En aquest supòsit, l'augment és més reduït que en l'anterior, només faltarien 3.402 graduats per igualar el percentatge de graduats STEM a Espanya amb Alemanya. És interessant destacar que, sota aquest supòsit, no faltarien enginyers perquè la ràtio a Espanya és força elevada (1,10 per cada mil hab. a Espanya enfront a 1,06 a Alemanya) ni especialistes en computació (0,38 a Espanya enfront a 0,28 a Alemanya), sinó que faltarien especialistes en ciències (0,38 a Espanya enfront a 0,51 a Alemanya) i matemàtics i estadístics (0,04 a Espanya enfront a 0,13 a Alemanya).

Aquest escenari només pretén igualar la situació actual a Espanya i Alemanya, però com s'ha dit, la previsió és que a l'economia alemanya la demanda de professionals STEM augmenti entre un 5% i un 10% entre 2015 i 2025. Suposant que oferta i demanda s'ajusten perfectament, caldria també augmentar el nombre de graduats STEM en aquest mateix percentatge. Fent aquest supòsit, la ràtio de graduats STEM per 1.000 hab. se situaria entre 2,08 i 2,18. Aplicant aquestes mateixes ràtios en el cas espanyol, obtindríem que el nombre de graduats STEM s'hauria de situar entre 96.640 i 101.242. Així, l'augment de graduats STEM hauria de ser d'entre 8.000 i 12.600 persones cada curs.

En definitiva, l'exercici teòric que s'ha realitzat posa sobre el quadre que la manca de professionals amb formació STEM és una realitat avui dia i que anirà en augment si no es posen

mesures per evitar-ho. La xifra de graduats STEM a Catalunya no assoleix les 10.000 persones per curs i l'objectiu hauria de ser ampliar-ho gradualment fins a les 14.000 persones, una xifra que permetria assolir el 30% de graduats STEM a Catalunya, igualant així el percentatge que assoleix a Alemanya, que és el país de referència en la Indústria 4.0.

## 5. Principals iniciatives públiques en marxa

La ràpida evolució de la manufactura avançada i, en concret, dels processos de digitalització de la indústria està sent percebuda pels governs i les institucions com un repte inevitable pel qual cal estar preparat. Això ha generat que s'hagin multiplicat les iniciatives estatals i supraestatals existents. Fins al moment, s'estan llançant iniciatives que responen a un patró clàssic de política industrial, és a dir, estratègies o plans adreçats especialment al sector industrial i a l'ecosistema de recerca i innovació que l'envolta. Els diferents actors institucionals han iniciat tasques d'estudi i propostes d'actuació per tal d'assegurar que l'entramat industrial i d'innovació dels diferents països i regions estigui en condicions d'afrontar i liderar aquesta nova etapa. S'aborda com un repte sectorial, però encara no es tracta com el repte social i cultural de gran calat en el qual es pot convertir a termini mitjà.

En paral·lel a les accions institucionals vers la Indústria 4.0, hi ha també actuacions d'altres agents que utilitzen les noves tecnologies com a facilitadores d'iniciatives de nivell més local i creatiu. La democratització i generalització de la impressió

Quadre 8

### Escenari B: Increment dels graduats sota el supòsit que Espanya iguali la ràtio de graduats en STEM per 1.000 hab. amb Alemanya

	Nombre graduats		% graduats totals	
	Espanya	Alemanya	Espanya	Alemanya
Població	46.449.565	81.197.537		
<b>Total graduats</b>	<b>443.321</b>	<b>521.845</b>	<b>9,54</b>	<b>6,43</b>
<b>Total STEM</b>	<b>88.636</b>	<b>160.890</b>	<b>1,91</b>	<b>1,98</b>
Ciència, matemàtiques i computació	37.557	75.222	0,81	0,93
Ciència	17.645	41.511	0,38	0,51
Matemàtiques i estadística	2.041	10.706	0,04	0,13
Computació	17.871	23.005	0,38	0,28
Enginyeria i manufactures	51.079	85.668	1,10	1,06
Enginyeria	47.206	79.903	1,02	0,98
Manufactures	3.873	5.765	0,08	0,07

Font: Elaboració pròpia a partir de dades Eurostat (2014)

3D, de certs programaris informàtics, i l'existència de grups d'usuaris mobilitzats han afavorit el sorgiment d'iniciatives globals al voltant dels anomenats *Fab Labs*, laboratoris o ateneus de fabricació, on qualsevol persona amb una mínima formació pot dissenyar i fabricar nous objectes. Aquests moviments, lligats en origen a iniciatives de desenvolupament de programari lliure i treballs col·laboratius, han generat el sorgiment de l'anomenada cultura *Maker*, i que s'ha estès internacionalment amb esdeveniments com trobades *maker* o *hackathons*<sup>13</sup>. Bona part d'aquestes iniciatives tenen un alt component urbà, fent així que la indústria, encara que sigui en una nova fesomia, retorni a les ciutats d'on havia marxat al llarg del segle XX i obri escenaris d'accions públiques i privades per promoure aquest ressorgiment. Els ajuntaments de Barcelona, Boston o París estan sent pioners en aquest camp.

Centrant-nos en les iniciatives estatals, la seva planificació i execució s'inicia l'any 2010 en el cas alemany, i més recentment en la resta de casos. Això suposa que encara és aviat per valorar el seu impacte real. És de preveure que la política sectorial més o menys clàssica vagi transitant cap a polítiques més àmplies que tinguin en compte la formació i les habilitats dels treballadors, la transformació del model de negoci, els projectes entre clústers o la ciberseguretat. També seria recomanable, com indica un estudi fet pel Parlament Europeu (Smit et al. 2016), la coordinació entre els programes dels diferents estats membres de la Unió Europea, donat que es tracta d'un fenomen econòmic d'abast continental i global.

## 5.1 Principals iniciatives internacionals

Tot seguit s'exposen els exemples dels Estats Units, de la Unió Europea i dels principals països europeus, centrats sobretot en grans programes marc de política industrial presentats durant el darrer lustre. Tanmateix, el llistat no pretén ser exhaustiu, atès que la presentació de noves iniciatives ha esdevingut contínua i no hi ha país o regió amb un mínim pes industrial que no estigui recollint la transformació digital dels sectors productius entre les seves línies de treball.

### Estats Units d'Amèrica

A mitjans de 2011, des de la Casa Blanca es va anunciar la creació de l'*Advanced Manufacturing Partnership* (AMP), una iniciativa que involucra la indústria, les universitats i el Govern

<sup>13</sup> Hackathon o marató de hackers és un esdeveniment en el qual programadors informàtics col·laboren per fer un projecte de programari en un temps limitat.

Federal per invertir en tecnologies emergents per tal de millorar la competitivitat del país i recuperar el pes perdut de la indústria al conjunt de l'economia. El missatge transmès pel President Obama mostrava les tecnologies habilitadores com ara les TIC o la nanotecnologia com a elements clau per incrementar el nombre de llocs de treball qualificats, reduir costos de producció, millorar la qualitat i accelerar el desenvolupament de nous productes. En aquesta direcció s'estan invertint més de 500 M\$ en quatre línies de treball:

1. Construir capacitats manufactureres en indústries crítiques per a la seguretat nacional.
2. Reduir el temps de desenvolupament i l'aplicació de materials avançats.
3. Invertir en robòtica de nova generació.
4. Desenvolupar processos manufacturers eficients i innovadors.

Per fer operatiu aquest partenariat s'ha creat l'*Advanced Manufacturing National Program Office* (AMNPO), que opera coordinadament amb els ministeris de Defensa, Energia, Educació i Agricultura, junt amb la *National Science Foundation* i la NASA. Aquesta oficina serà la responsable de posar en marxa la *National Network of Manufacturing Innovation*, una xarxa d'instituts d'innovació industrial públic-privats que tindran per objectiu co-invertir per tal d'accelerar la innovació industrial i facilitar la transformació digital de la indústria nord-americana. S'espera que en un termini de 10 anys el nombre d'instituts arribi als 45.

Aquesta iniciativa va quedar segellada legalment amb la *Revitalize American Manufacturing and Innovation Act* aprovada pel Congrés l'any 2014. L'elecció del president Trump encara és recent com per veure cap a on dirigeix les seves polítiques en aquest camp.

### Unió Europea

A l'octubre de 2015, la Comissió Europea va presentar l'*Estratègia del Mercat Únic Digital*, que té l'objectiu de facilitar la desaparició de barreres reguladores dels diferents estats, i aconseguir que hi hagi un mercat únic digital a nivell europeu que permeti aprofitar al màxim el potencial de la digitalització per part de ciutadans, empreses i institucions. S'estructura en tres pilars:

1. Millorar l'accés a productes i serveis digitals.

2. Crear un entorn on les xarxes i serveis digitals puguin prosperar.
3. La digitalització com a impulsora del creixement.

És en el tercer pilar on s'incideix més en l'aspecte econòmic i empresarial, partint d'una iniciativa de la Comissió per a la lliure circulació d'informació, l'establiment d'estàndards comuns i el suport a una societat digital inclusiva. En aquesta línia, a l'abril de 2016, es van presentar les actuacions següents:

1. Donar suport i enllaçar les diferents iniciatives estatals i regionals per a la digitalització de la indústria i els serveis, donant un marc de governança que compti amb els estats membres i la indústria.
2. Impulsar la inversió a través d'associacions i xarxes estratègiques públic-privades de la UE, aprofitant les eines existents del conegut com a Pla Juncker i dels fons estructurals i d'inversió.
3. Invertir 500 M€ en una xarxa europea de centres (*hubs*) d'innovació digital.
4. Implementar projectes pilot a gran escala per enfortir l'Internet de les coses, la manufactura avançada i les tecnologies intel·ligents (*smart*).
5. Accelerar l'elaboració de legislació comuna per donar suport a la lliure circulació de dades, incidint en les comunicacions segures entre dispositius.
6. Presentar una agenda de competències professionals i qualificacions de la població adaptades a la digitalització.

Es preveu que, en conjunt, les diferents iniciatives mobilitzin un total de 50.000 M€ d'inversió pública i privada en l'àmbit de la digitalització industrial.

Així mateix, des de la Comissió es preveu també crear un núvol d'àmbit europeu que es posarà a disposició de professionals i investigadors (més de 71 milions de persones), amb l'objectiu de que esdevingui l'entorn virtual de referència per emmagatzemar, gestionar, analitzar i reutilitzar les dades de les seves investigacions.

En el marc comunitari, també són destacables projectes més específics, la majoria inserits dins del programa marc de recerca Horitzó 2020, que estan creant i estructurant impor-

tants xarxes continentals de recerca i innovació en manufactura avançada.

Destaca, en primer lloc, la *Vanguard Initiative Smart Specialisation Platform for Advanced Manufacturing*, una iniciativa europea on cooperen 26 regions (entre elles Catalunya) en matèria de fabricació avançada per fomentar sinergies en les estratègies d'especialització intel·ligent d'aquestes regions a través de projectes pilot i demostradors a gran escala. Per exemple, Catalunya està present en dues actuacions que tenen per objectiu desenvolupar plantes pilot interregionals per part de la indústria i els agents d'R+D+i, i que porten per nom *ESM-Efficient and Sustainable Manufacturing* (coordinada per Catalunya i Llombardia) i *High Performance Production Through 3D-Printing* (coordinada per Països Baixos Sud i Flandes).

La segona iniciativa comunitària destacable és la *ICT Innovations for Manufacturing SMEs (IAMS)* que vol donar suport a PIMES industrials per a que adoptin les TIC com a eina per accedir a nous productes i mercats. En particular, vol transferir tecnologies desenvolupades en el Setè Programa Marc, com ara la robòtica, la simulació, les aplicacions basades en làser i la sensòrica. Aquesta iniciativa té un pressupost de 77 M€ per a projectes en convocatòria oberta.

Finalment, la tercera és el conjunt d'iniciatives que s'inclouen al projecte d'Horitzó 2020 *Smart Anything Everywhere* i que pretenen transferir a les PIMES i als clústers les tecnologies desenvolupades durant el Setè Programa Marc de recerca en matèria de sistemes ciberfísics, internet de les coses i integració d'intel·ligència artificial. El pressupost total previst és de 25 M€.

## Alemanya

El Govern alemany va ser pioner llançant el 2010 el programa *High-Tech Strategy 2020*, amb l'objectiu d'establir Alemanya com a principal proveïdor mundial de ciència i solucions tecnològiques en els camps de l'energia i el clima, la salut, la mobilitat, la seguretat i la comunicació.

Posteriorment, l'any 2012 va presentar el *High-Tech Strategy 2020 Action Plan*, on s'identifiquen 10 projectes crítics de futur, a realitzar en un període de 10-15 anys, un dels quals ja era la *Indústria 4.0*. amb un pressupost associat de 200 M€ i on destacaven les iniciatives següents:

- Establiment d'una agenda integrada de recerca en els sistemes ciberfísics, liderada per l'Acadèmia Nacional de

Ciències i Enginyeria, i concentrada en els àmbits de xarxes intel·ligents d'energia, mobilitat connectada, sistemes per a telemedicina i sistemes de producció automatitzada. Destaquen els projectes *Cypros (Cyber-Physical Production System)* iniciat l'any 2012, per liderar la creació d'un espectre de mòduls de sistemes ciber-físics per a la producció i logística industrial; i el projecte *Res-Com*, iniciat el 2011 i que impulsa sistemes de sensors integrats i interconnectats per a la conservació automatitzada de recursos.

- Posada en marxa del programa *ICT 2020 – Research for Innovation*, depenent del Ministeri d'Educació i Recerca, amb línies d'incentius per a projectes d'R+D en TIC.
- Posada en marxa del programa *Autonomics for Industrie 4.0*, que compta amb 40 M€ per incentivar projectes d'interacció intel·ligent entre les TIC i la producció industrial.

L'estratègia *Industrie 4.0* involucra tots els agents públics i privats del sector i compta amb les institucions principals de l'ecosistema de recerca alemany, com ara la *Industry-Science Research Alliance*; la *National Academy of Science and Engineering*; el *German Research Center for Artificial Intelligence*; els centres tecnològics *Fraunhofer Gesellschaft*; el clúster *It's OWL (Intelligent Technical Systems OstWestfalen-Lippe)*; l'organització *Plattform Industrie 4.0*; i la iniciativa tecnològica *SmartFactory KL*.

En un altre ordre d'actuacions a nivell alemany, però amb impacte europeu i mundial, també caldria esmentar els acords que s'estan assolint entre el Consorci per a l'Internet Industrial (*Industrial Internet Consortium*) i les plataformes sectorials industrials (*Plattform Industrie*) per tal de desenvolupar arquitectures de referència per a la Indústria 4.0 i per a l'Internet Industrial. El Consorci per a l'Internet Industrial és una associació privada amb més de 250 membres formada per accelerar el desenvolupament, adopció i utilització de maquinària connectada i sistemes analítics intel·ligents a la feina. Alguns dels seus membres són AT&T, Cisco, General Electric, IBM i Intel. La *Plattform Industrie 4.0* neix al Ministeri d'Educació i Recerca alemany i és el punt de trobada dels diferents agents involucrats en l'avenç de la nova indústria.

## França

El govern francès, per mitjà del Ministeri de Reactivació Productiva a l'època de l'industrialista Arnaud Montebourg, va presentar l'any 2013 el projecte *La Nouvelle France Indus-*

*trielle*. Aquesta estratègia volia subratllar la visió industrial de futur per al país, amb l'objectiu de ressituar França entre les principals potències industrials del món, especialment en els àmbits del medi ambient, l'energia i les TIC.

El programa, dotat amb 3.700 M€ en 10 anys, identificava 34 iniciatives sectorials dissenyades com a pols de renovació industrial a l'entorn dels quals coordinar agents, instruments, pressupostos, sectors productius, centres de recerca i treballadors.

Cadascuna de les 34 iniciatives va comptar amb un equip de persones del sector públic i privat, així com també del Consell Nacional per a la Indústria, el qual era l'encarregat d'impulsar, supervisar i coordinar cada iniciativa. La previsió inicial del ministre Montebourg era que les actuacions tinguessin un impacte de 480.000 llocs de treball i de 45.000 M€ en valor afegit en 10 anys.

Com a continuació, el 2015 es va presentar el programa *Industrie du Futur*, un replantejament realitzat per l'aleshores ministre d'economia Emmanuel Macron, reagrupant les 34 actuacions inicials en 9 solucions industrials:

1. Nous recursos
2. *Smart cities*
3. Eco-mobilitat
4. El transport del futur
5. Medicina del futur
6. L'economia de la informació
7. Aparells intel·ligents
8. Confiança digital
9. Alimentació intel·ligent

Cadascun dels nou plans compta amb un cap de projecte específic, tant del sector públic com del privat, amb objectius, calendaris i informes detallats. Alhora, cada solució industrial s'estructura en 5 pilars:

1. Desenvolupar tecnologies capdavanteres (amb especial incidència en la manufactura additiva, la fàbrica virtual, l'Internet de les Coses i la realitat augmentada).



2. Ajudar les empreses a adaptar-se al nou paradigma (incloent una xarxa de plataformes regionals per ajudar les empreses a provar les novetats tecnològiques).
3. Formar els treballadors.
4. Enfortir la cooperació internacional.
5. Promoure la indústria francesa del futur.

En conjunt, el programa *Industrie de Futur* està dotat amb un total de 730 M€ per al període 2015-2025 per mitjà de línies d'ajuts i préstecs.

### Regne Unit

Tot just començar l'any 2017, el govern britànic ha llençat una àmplia iniciativa per definir la seva estratègia industrial a l'economia global per a les properes dècades. La iniciativa vol ser un procés ampli de consulta a l'entorn de deu pilars bàsics (R+D, educació, infraestructures, sistema financer, compra pública, etc.) sobre els quals edificar després els instruments de suport. La digitalització estarà molt present en aquesta consulta, però encara és aviat per tenir actuacions concretes i quantificades.

La principal línia d'actuació recent que connecta amb la Indústria 4.0 és la iniciativa *Catapult High Value Manufacturing*, obrta l'any 2011, la qual vol esdevenir el catalitzador del creixement de la manufactura avançada al país. Es compona d'una xarxa de set centres tecnològics i d'innovació que concentraran els grans projectes tractors de transformació tecnològica de la indústria, similar en concepte al model americà d'instituts d'innovació industrial. Té l'ambició d'establir la base d'actuacions d'innovació al sector fins al 2030. En el període 2012-2018 es calcula que s'invertiran 140 M de lliures en aquests centres provinents de l'agència pública *Innovate UK*, als quals caldrà afegir les inversions privades i els fons europeus que atregui.

Els centres *Catapult High Value Manufacturing* formen part de *Catapult*, la xarxa de referència de centres tecnològics del país on es concentraran bona part dels recursos dedicats a recerca durant la propera dècada. La resta de centres són: *Cell and Gene Therapy*, *Compound Semiconductor Applications*, *Digital*, *Energy Systems*, *Future Cities*, *Medicine Technologies*, *Offshore Renewable Energy*, *Precision Medicine*, *Satellite Applications* i *Transport Systems*.

Una altra institució britànica que facilita la transformació digital de la indústria és *l'Engineering and Physical Sciences*

*Research Council (ESPRC)*, on han nascut els *Centres for Innovative Manufacturing*. Aquests centres duen a terme estudis de viabilitat i treballen en projectes col·laboratius amb les empreses en matèries específiques i d'alt potencial de creixement, com ara la fotònica, l'enginyeria de metall líquid, els aparells mèdics, l'electrònica de grans àrees, els processos de producció en làser, els *composites*, la metrologia avançada i la manufactura additiva.

### 5.2 Principals iniciatives a Espanya

Des l'any 2015, són diverses les iniciatives que han sorgit lligades a la manufactura avançada i a la Indústria 4.0, tant des de l'Administració General de l'Estat com des de les comunitats autònomes.

El Ministeri d'Indústria, Energia i Turisme va presentar a l'octubre de 2015 la iniciativa *Indústria Connectada 4.0*, un projecte públic-privat per impulsar la transformació digital de la indústria i que ha comptat amb el suport de Telefónica, Indra i Banc Santander. El document *La transformación digital de la industria española*, publicat durant el 2015, detalla els tres objectius principals, enfocats a reforçar la competitivitat del sector industrial:

1. Incrementar el valor afegit i l'ocupació a la indústria.
2. Afavorir el model espanyol per a la indústria del futur, orientada cap a sectors amb potencial de creixement i desenvolupant una oferta local de solucions digitals.
3. Desenvolupar palanques competitives diferencials per afavorir la indústria i impulsar la internacionalització.

En el programa es plantegen quatre línies principals de treball per facilitar el canvi de model i que se centren en ampliar tant la demanda com l'oferta d'habilitadors digitals:

1. Conscienciació, comunicació i formació sobre la digitalització en la indústria per donar a conèixer la seva existència i els seus beneficis, així com desenvolupar les competències i les aptituds necessàries. Cal disposar de més capital humà per al desenvolupament de les tecnologies i les solucions.
2. Creació d'entorns col·laboratius i d'espais de trobada per tal d'impulsar les sinergies entre empreses de diferents sectors industrials, centres d'investigació, empreses tecnològiques i d'altres agents.

3. Foment del desenvolupament d'habilitadors digitals, mitjançant la creació i adequació d'un entorn facilitador, que inclogui des del finançament de l'R+D+i fins a la definició i l'establiment d'estàndards.
4. Suport a l'evolució digital en la indústria, amb el desenvolupament d'instruments adequats per facilitar la implantació d'habilitadors digitals, creant un marc de regulació i estandardització, i fomentant projectes concrets de referència pel sector.

El conjunt d'iniciatives està coordinat per un model de governança que vol assegurar la continuïtat, la coordinació, l'efectivitat i la valoració. Hi ha un Consell Rector de la Indústria Connectada, un Consell Executiu, una Secretaria, un Consell Assessor i diferents grups de treball, tots ells amb participació tant de l'administració pública com de representants dels agents socials i del sector privat.

En aquest sentit, l'any 2016 es va obrir una línia de préstecs bonificats amb una dotació de 97,5 M€ per impulsar projectes d'R+D i d'innovació en organització i processos (aquests especialment orientats a la PIME).

Més enllà de l'administració estatal, destaquen altres iniciatives autonòmiques com són les del País Basc, Múrcia, Galícia i Extremadura, que s'exposen breument a continuació. El cas català serà analitzat més detalladament a l'apartat 4.3.

El **País Basc**, la zona amb més tradició en política industrial a Espanya, també ha estat pionera en matèria d'Indústria 4.0. Sota la marca *Basque Industry 4.0* s'engloba l'estratègia de suport a la manufactura avançada, un dels sectors prioritaris de l'especialització RIS3, a part de l'energia i la biosalut.

El programa basc d'Indústria 4.0 compta amb un sistema de governança públic-privat que implementa tres iniciatives troncales:

- Oferta tecnològica 4.0: Xarxa Connectada de productes actius 4.0 en fabricació avançada.
- *Basque Open Industry Platform 4.0*.
- Serveis avançats 4.0.

A més de la catalogació d'actius i productes, es promouen projectes transformadors mitjançant tres línies d'incentius (*Basque Industry 4.0*, *Industria Digitala*, *Lankidetza Digitala*) i la creació d'una acceleradora internacional de noves empreses de base tecnològica 4.0.

El programa *Basque Industry 4.0*, que coincideix amb el nom de la marca, dóna suport a projectes de transferència de proveïdors tecnològics a empreses industrials que tinguin un efecte demostració i que permetin accelerar la transferència al mercat dels resultats dels projectes d'R+D. L'any 2015 va donar suport a 16 projectes, amb ajuts d'entre 150.000 i 300.000€ per projecte, els quals estaven vinculats amb àrees com la ciberseguretat, el *cloud computing*, el *big data*, la robòtica, la realitat augmentada, la visió artificial, la sensòrica o la fabricació additiva en materials metàl·lics. El segon, *Industria Digitala*, vol facilitar la introducció de les TIC a PIMES industrials, va donar suport a 313 projectes durant 2015. I, el tercer, *Lankidetza Digitala*, va incentivar 50 projectes col·laboratius promoguts per associacions d'empreses i/o de professionals, amb un màxim de 33.000€ per a cadascun. En conjunt, els tres programes van mobilitzar, l'any 2015, 5,2 M€ de pressupost públic i 14 M€ d'inversió privada. L'any 2016 es va executar un pressupost també de 5,2 M€.

Quant a les accions de difusió, des de l'any 2014 se celebra anualment el Congrés *Basque Industry 4.0*, amb l'objectiu de fomentar l'adaptació de les empreses a la integració de les TIC i promoure la imatge internacional del País Basc en matèria de manufactura avançada.

El Govern de **Múrcia** ha llençat l'*Estrategia Indústria 4.0*, dotada amb 60 M€ fins al 2020, amb l'objectiu que unes 3.000 empreses incorporin les noves tecnologies de connectivitat, robòtica i automatització en els seus processos i productes. La iniciativa vol assolir la fita de més de 200 fàbriques intel·ligents i generar 20.000 llocs de treball qualificat i de qualitat. El programa també inclou suport i assessorament per a la presa de decisions estratègiques, la recerca de proveïdors tecnològics i la recerca de fonts de finançament en l'àmbit de la innovació i la internacionalització. La iniciativa va destinada als sectors industrials, però també al turisme, a l'agricultura i a la salut. Persegueix crear un ecosistema favorable a la indústria per tal d'aconseguir que aquest sector generi el 20% del PIB al final del període.

En el cas de **Galícia**, la Xunta va aprovar l'*Agenda Digital Galícia 2020*, la qual té com a objectiu l'acceleració de l'economia digital com a factor de rellevància per impulsar el creixement econòmic. Dins de l'agenda global s'inclou l'*Agenda de la Competitivitat de Galícia – Indústria 4.0*, que es preveu sigui el principal pla de política industrial per al període 2015-2020 i que es nodrirà de fons FEDER per un valor de 340 M€. A les actuacions adreçades a la indústria caldrà sumar-hi les actuacions de formació i capacitació en TIC per a PIMES, les

quals tindran un ampli catàleg i estaran dotades amb més de 6 M€ per al període 2015-2016. Finalment, seguint l'exemple basc, es crearà una acceleradora d'innovació específica per al sector de l'automoció, promoguda per la Xunta i pel clúster del sector amb un pressupost inicial de 4M€.

El darrer exemple és el d'**Extremadura**, que compta amb un menor pes de la indústria en el seu teixit productiu. Això ha fet que les iniciatives públiques se centrin a l'entorn del concepte *Maker* i la creació d'ateneus de fabricació, polítiques públiques semblants a les que estan seguint les grans ciutats i que volen afavorir un retorn de la indústria al territori gràcies a impulsar la comunitat de persones i institucions que treballen en l'àmbit de la fabricació digital i avançada. Aquestes iniciatives s'emmarquen en el projecte global *Fab Lab*, destinat a potenciar els avantatges que poden aportar la impressió 3D i el programari de fonts obertes a l'emprenedoria, la investigació i el desenvolupament del teixit empresarial de la regió. En destaca la xarxa anomenada *Red de Prototipado*, la qual vol impulsar i organitzar trobades de la comunitat *Maker* de la regió. La xarxa consta de set nodes distribuïts per tota la regió en els quals es posa a disposició de la societat una impressora 3D, plataformes de programari lliure Arduino, ordinadors de plaques Raspberry Pi i altres eines electròniques i sensors. Les trobades anuals i els cursos realitzats estan permetent donar a conèixer els fonaments d'aquestes tecnologies i el seu potencial creador.

### 5.3 Actuacions de la Generalitat de Catalunya

La diversitat del marc d'actuació que implica la transformació digital i la seva complexitat fa més evident la necessitat d'eixamplar l'abast de l'actuació de la política industrial, dins dels propis àmbits competencials del Govern però també més enllà dels mateixos amb una necessària implicació dels agents econòmics i socials. És davant d'aquesta necessitat que l'any 2016 el Govern de la Generalitat va decidir promoure un *Pacte nacional per a la indústria* que, amb l'impuls públic i el lideratge privat, posicioni la indústria catalana com a capdavantera a Europa.

Aquest *Pacte nacional per a la indústria* vol tenir una visió a llarg termini (2017-2020), tenint en compte l'impacte socio-laboral i, per tant, gestant-se amb ampli consens amb forces polítiques, agents econòmics i socials i altres agents.

El Pacte està estructurat en 6 capítols, fruit de 6 grups de treball, un dels quals està íntegrament dedicat a la Indústria 4.0 i la digitalització. Aquest capítol està compostat per 4 línies de treball:

1. Mecanismes d'impuls a la Indústria 4.0.
2. Oportunitats internacionals i difusió d'oportunitats en l'àmbit de la Indústria 4.0.
3. Plataformes de treball col·laboratiu.
4. Els impactes socials i econòmics de la Indústria 4.0.

La primera línia, *Mecanismes d'impuls a la Indústria 4.0*, vol desenvolupar serveis avançats de suport a les empreses per tal de facilitar la posada en pràctica de la Indústria 4.0 al teixit productiu. Es concreta en sis actuacions:

- Impulsar les infraestructures industrials vinculades a la Indústria 4.0.
- Crear un *hub* d'impressió 3D.
- Focalitzar els instruments de suport a l'R+D+I per superar els reptes de la Indústria 4.0.
- Acompanyar projectes d'Indústria 4.0 en convocatòries europees.
- Elaborar un mapa de capacitats tecnològiques 4.0.
- Impulsar un programa de digitalització per a PIMES.

La segona línia, *Oportunitats internacionals i difusió d'oportunitats en l'àmbit de la Indústria 4.0*, vol impulsar la participació en programes i iniciatives internacionals per tal que les empreses catalanes en puguin treure el màxim profit a l'hora d'implantar la Indústria 4.0 i, alhora, difondre els principis i oportunitats que ofereix la Indústria 4.0. Es concreta en cinc actuacions:

- Captar inversió estrangera tractora per a la Indústria 4.0.
- Organitzar missions tecnològiques i actuacions de promoció en l'àmbit Indústria 4.0.
- Col·laborar a nivell internacional per impulsar la Indústria 4.0.
- Focalitzar actuacions específiques en el marc de congressos relacionats amb la Indústria 4.0.
- Recolzar altres congressos i fires vinculats amb la Indústria 4.0.

La tercera línia, *Plataformes de treball col·laboratiu*, vol potenciar i crear mecanismes i plataformes de treball col·laboratives impulsades per l'Administració i liderades entre empreses i agents rellevants del sector. Es concreta en cinc actuacions:

- Recolzar el Centre d'Excel·lència en *big data* (Big Data CoE).
- Impulsar la *Catalonia IoT Alliance*.
- Impulsar projectes inter-clústers.
- Recolzar el Fòrum del Vehicle Connectat i Conducció Autònoma.
- Recolzar l'impacte industrial de la robòtica i els *drones*.

I finalment, compta amb una quarta i darrera línia d'*Avaluació dels impactes socials i econòmics de la Indústria 4.0*.

Aquestes quatre línies estructuren les polítiques que fins ara se seguïen de forma separada a diferents unitats del Govern. Es preveu que els treballs del *Pacte nacional per a la indústria* finalitzin a l'estiu de 2017 i que aleshores ja hi hagi una previsió oficial d'indicadors i pressupost per al període 2017-2020.

En una línia complementària de treball cal esmentar el Grup de Treball d'Internet Industrial creat a l'entorn d'un altre Pacte Nacional, el de la Societat Digital, signat per agents socials i administració local. Aquest grup vol actuar com a nexa entre la indústria i les empreses i centres de recerca que treballen més propers al sector de les telecomunicacions i de l'Internet de les coses.

## 6. L'entorn tecnològic i firal català davant la Indústria 4.0

### 6.1 Centres tecnològics i d'R+D

En consonància amb les polítiques públiques per al foment de la Indústria 4.0, esdevé molt rellevant comptar amb un entorn de proveïdors tecnològics i d'interrelació i interacció entre tots els agents econòmics, tant a nivell local com global. Catalunya compta amb un ampli ecosistema de recerca i innovació amb capacitat per transferir tecnologia i coneixement a la seva indústria.

**Eurecat** és el major centre tecnològic de Catalunya, resultat de la integració d'ASCAMM, Barcelona Media, Barcelona Digital, CETEMMSA, CTM, CTNS i Maqcentre. A més, el desembre de 2016 es va signar un acord de vinculació permanent amb Leitat amb l'objectiu d'aprofitar les sinergies entre ambdues entitats, millorar l'eficiència i incrementar la massa crítica. En el termini d'un any, Eurecat i Leitat crearan un únic òrgan de govern on es consensuarà la direcció dels dos centres.

Eurecat desenvolupa projectes al voltant de capacitats i tecnologies necessàries per donar impuls a la Indústria 4.0: TIC; sostenibilitat en la producció; manufactura additiva; i nous materials. Destaca la creació d'un Centre d'Excel·lència en Big Data, amb el suport d'Oracle, la Generalitat i l'Ajuntament de Barcelona, que té per objectiu construir, evolucionar, aglutinar i posar a disposició de les empreses eines, conjunts de dades i infraestructures de *big data* diferencials. Un exemple en l'àmbit de la Indústria 4.0 és la seva participació en el projecte europeu Des-MOLD, que utilitza tècniques d'intel·ligència artificial per a l'optimització del procés d'injecció de plàstics en fase de disseny. També ha organitzat el *Future Industry Congress*, el mes de juny de 2016.

Actualment, a Eurecat hi treballen 450 professionals, compta amb més d'un miler d'empreses com a clients i treballa amb més de 160 projectes d'R+D. Ha creat 7 *spin-offs* i ha registrat 73 patents. L'àrea industrial està dividida en 10 àmbits de coneixement i l'àrea digital, en 7.

Àrea industrial:

1. *Composites*. Té per objectiu millorar les tecnologies de *compounding* i les tècniques de reforç continuat.
2. *Functional printing & embedded devices*. Pretén aportar funcionalitat a superfícies i objectes.
3. *Functional Textile*. Recerca i desenvolupament de noves estructures tèxtils i peces funcionals que permetin donar solucions més eficients, pel que fa a costos i propietats funcionals i estructurals, davant les limitacions inherents a les tecnologies tradicionals (en general rígides i costoses). Eurecat compta amb el laboratori *smart textiles i wearables*, i el laboratori de fabricació de teixits avançats.
4. *Materials metàl·lics & ceràmics*. Investigació sobre la relació entre microestructura i propietats, així com l'optimització de processos industrials.

5. *Materials Plàstics*. La investigació aplicada en l'àmbit dels materials plàstics se centra en l'increment del coneixement dels polímers i la seva transformació, així com de les seves variants i tecnologies afins. La finalitat és la millora de les prestacions dels materials a nivell macroscòpic (barreges, additius i combinacions). Eurecat té la *Plastic Processing Pilot Plant*, la planta pilot de noves tecnologies de transformació plàstica més gran del sud d'Europa des de la qual ofereix R+D orientada a la industrialització, l'assaig i la fabricació de pre-sèries.
6. *Nous processos de fabricació*. Recerca i desenvolupament de nous processos de manufactura més flexibles, amb multitecnologia, reconfigurables, més productius, més eficients i/o que resolguin problemàtiques industrials no cobertes. Inclou la fabricació additiva (3D printing funcional, impressió estructural, 3D printing multiprocés, etc.)
7. *Process Modelling & Simulation*. Disseny i optimització de materials, components i processos mitjançant simulació numèrica FEM aplicada als camps de la mecànica, la transferència de calor, la dinàmica de fluids i l'electromagnetisme.
8. *Robòtica & Automatització*. Investigació i desenvolupament de solucions avançades per a l'automatització de tasques diverses en diferents tipus d'entorns.
9. *Sostenibilitat*. Activitats d'R+D+I i desenvolupament de tecnologia per potenciar la competitivitat i la sostenibilitat.
10. *Innovació i desenvolupament de producte*. Desenvolupament integral de producte innovador, des de la idea conceptual fins a la industrialització, amb una visió multidisciplinària i l'aplicació transversal del coneixement de totes les unitats tecnològiques d'Eurecat.
3. *Digital Humanities*. Combina la tecnologia de la informació amb la sociologia-psicologia per millorar la comprensió del comportament humà.
4. *E-Health*. Disseny i implementació d'eines basades en tecnologies TIC destinades als professionals mèdics i als propis usuaris finals/pacients, per diagnosticar, planificar i monitorar el progrés de les teràpies i assistir els pacients per millorar la seva qualitat de vida.
5. *IT Security* realitza una doble funció: per un costat, la investigació i la innovació en temes de seguretat informàtica i, per un altre, els temes més inquietants de la ciberseguretat.
6. *Smart Management Systems*. Desenvolupament de solucions (algoritmes, mètodes, plataformes) basades en la combinació de tecnologies d'intel·ligència artificial i gestió del coneixement especialment orientades al sector industrial, energètic i de sostenibilitat.
7. *Tecnologies Audiovisuals* proporciona àudio binaural, so 3D, així com producció i post-producció de continguts audiovisuals.

**TECNIO** és el segell que identifica els centres tecnològics i grups universitaris experts en recerca industrial i transferència tecnològica a Catalunya. Els principals centres acreditats TECNIO que fan recerca i/o desenvolupen tecnologies relacionades amb la Indústria 4.0 són el Leitat, el Centre de Visió per Computador i el Centre Tecnològic de Telecomunicacions de Catalunya, tot i haver-hi moltes altres centres (es poden consultar a la web d'ACCIÓ per tecnologies d'especialització).

El **Leitat** és un centre tecnològic, amb més de 100 anys de vida, que té com objectiu col·laborar amb empreses i institucions i afegir valor tecnològic tant als productes com als processos, i que centra les seves tasques en la recerca, el desenvolupament i la innovació industrial (I+D+2i). El centre compta amb 232 professionals, ha realitzat 240 projectes industrials, i té un pressupost d'ingressos de 18 milions d'euros, el 60% dels quals els obté per encàrrecs específics sota contracte, mentre que el 40% provenen del finançament públic (competitiu o no competitiu).

Les àrees d'investigació relacionades amb la Indústria 4.0 són:

Àrea digital:

1. *Big data analytics*. Disseny i implementació d'eines per a l'extracció d'informació de valor a partir de fonts diverses de dades (xarxes socials, *open data*, posicionament interior, etc.), emprant una infraestructura apropiada per al processament de *big data* i la visualització dels resultats.
2. *Data Science*. Crea, testeja i demostra tecnologies i algoritmes més enllà de l'estat de la tècnica, per a l'anàlisi de dades que són massa grans, massa ràpides o massa complexes per a les solucions existents.
1. Materials. R+D orientada a l'obtenció de nous materials i nanomaterials.

2. Química. R+D Orientada a formulació, anàlisi i valorització.
3. Producció. R+D per a la millora en productes, processos industrials i implementació de tecnologies de producció.
4. Biotecnologia. R+D orientada a la biomedicina i a l'aplicació de processos i productes biològics.
5. Medi Ambient. R+D orientada a l'eficiència energètica i sostenibilitat ambiental.

El **Centre de Visió per Computador** és una institució enfocada a la recerca excel·lent i la transferència de tecnologia en el camp de la visió per computador. Es tracta d'una tecnologia horitzontal amb diverses aplicacions a biomedicina, mobilitat, seguretat, producció, societat, *media*, etc. Les seves activitats se centren en la investigació de frontera, en la transferència de tecnologia i la formació.

El **Centre Tecnològic de Telecomunicacions de Catalunya** focalitza la seva activitat en el desenvolupament de projectes de recerca bàsica i aplicada en els sistemes de telecomunicacions, tenint com a objectiu l'assimilació tecnològica i la seva transferència al teixit empresarial.

Altres centres tecnològics i de recerca a Catalunya vinculats amb la Indústria 4.0 són els següents:

- **Institut de Ciències Fotòniques (ICFO).** Institució que realitza activitats de recerca i formació de base àmplia, tant bàsica com aplicada, en les diferents branques de les ciències i tecnologies òptiques, al més alt nivell internacional.
- **Barcelona Supercomputing Center.** Centre pioner de la supercomputació a l'Estat i de referència internacional. És un centre de recerca format per més de 300 científics i que també ofereix serveis de supercomputació per a tota la comunitat científica. És on s'ubica el supercomputador Mare Nostrum.
- **Fundació CIM.** Entitat adscrita a la Universitat Politècnica de Catalunya, que treballa per facilitar eines a empreses i ciutadans en un context de fusió del món digital i del món de la fabricació.
- **I2Cat.** Centre CERCA (xarxa de centres de recerca catalans caracteritzats per desenvolupar una investigació científica d'excel·lència) especialitzat en arquitectures, aplicacions i serveis d'Internet avançat. Ha impulsat la Catalan IoT Alliance.

## 6.2 Fires i congressos

Catalunya compta amb un ampli nombre d'esdeveniments de referència en l'àmbit de les noves tecnologies que poden tenir un gran impacte a mitjà termini sobre el teixit industrial. Concretament, els esdeveniments més importants són els següents:

- **Capitalitat Mundial del Mòbil – Mobile World Congress.** La capitalitat que ostenta Barcelona té un efecte tractor sobre el conjunt de la indústria del país. Una de les prioritats estratègiques de la capitalitat és la generació d'un llegat industrial a Catalunya en l'àmbit TIC – Digital. Aquest llegat es tradueix en l'impuls a la creació d'empreses d'aquest sector i a l'aplicació de les TIC al conjunt del teixit empresarial per donar resposta a reptes industrials, però també socials i de mobilitat.
- **Internet of Things Solutions World Congress.** El 2015 i 2016 es van celebrar les primeres edicions d'aquest congrés en les quals es van poder veure les aplicacions d'Internet de les coses a sectors com la manufactura, l'energia, les indústries de la salut, els transports i la logística.
- **Smart City Expo & World Congress.** Principal fira comercial i congrés internacional en l'àmbit de les ciutats intel·ligents que es fa a tot el món. Punt de trobada on els sectors públic i privat es reuneixen per presentar i discutir les millors idees i solucions per a les ciutats intel·ligents. Barcelona s'ha consolidat com a seu d'aquest esdeveniment.
- **Big Data Congress.** Esdeveniment de referència a Catalunya per conèixer tendències i l'estat de l'art en *big data*. El 2016 s'ha celebrat la segona edició d'aquest congrés.
- **IN(3D)USTRY.** El certamen, organitzat per la pròpia Fira per primer cop el 2016, va comptar amb la presència de més de 40 expositors de les principals companyies internacionals especialitzades en solucions de fabricació additiva, o aplicació de la impressió 3D a la producció industrial.

L'any 2017, Fira de Barcelona celebrarà la primera edició de la **Barcelona Industry 4.0 Week** (de l'1 al 6 d'octubre), un esdeveniment que reunirà simultàniament al recinte de Gran Via els salons Expoquímia, Eurosurf, Equiplast, In(3D)ustry From Needs to Solutions, IOT Solutions World Congress, els congressos World Congress of Chemical Engineering i World Chemical Summit, i el certamen Smart Chemistry Smart Future. Aquests esdeveniments atrauran un miler d'empreses, uns 850 ponents internacionals i més de 50.000 professionals per

mostrar l'oferta més transversal i innovadora de tota la cadena productiva des de la matèria primera, plàstica i química, passant per la producció massiva o personalitzada, fins arribar a l'automatització de processos mitjançant l'última tecnologia. Així, la transformació industrial utilitzant les noves tecnologies, l'anomenada Quarta Revolució Industrial, serà el denominador comú d'una sèrie d'esdeveniments finals que presenten materials intel·ligents, la seva transformació, la seva aplicació industrial en solucions i la seva connectivitat intel·ligent. Barcelona és pot convertir, gràcies a aquesta nova iniciativa, en una de les majors plataformes finals mundials per a la Indústria 4.0, tant en l'àmbit comercial com del coneixement.

A més, cal assenyalar que el 2017 s'han celebrat altres fires entorn a la Indústria 4.0, com ara: l'Advanced Factories Expo-Congress (4-6 d'abril), el II Fòrum Indústria 4.0 (2 de juny) i l'Automobile BCN-CONNECTED HUB (11-12 de maig).

Catalunya compta amb espais per a l'experimentació, com els **Catalonia SmartLab** (xarxa catalana de laboratoris urbans per provar solucions intel·ligents). Els *Fab Labs* són una xarxa mundial de laboratoris de fabricació i innovació a petita escala equipats amb màquines de fabricació digital i tecnologies per a la producció d'objectes, eines i aparells electrònics, que exploren la relació entre el món digital i el físic<sup>14</sup>. Aquesta iniciativa s'emmarca dins de l'estratègia SmartCAT, impulsada per la Direcció General de Telecomunicacions i Societat de la Informació (DGTSI). Compta amb la col·laboració dels ajuntaments catalans per crear una xarxa de laboratoris urbans dedicats a provar i validar les solucions intel·ligents en entorns reals. El projecte dels *Fab Labs* va néixer amb la col·laboració de la Diputació de Barcelona, Localret i l'Ajuntament de Barcelona, amb qui es comparteix l'oficina tècnica i la finestra única per a les empreses, i compta amb 22 municipis adherits.

## 7. Les empreses catalanes davant la indústria 4.0

Segons dades proveïdes per ACCIÓ per a l'any 2016, Catalunya compta amb els dos actius principals per a l'impuls de la Indústria 4.0: un sector industrial tradicional important i un sector TIC en expansió. D'una banda, entorn al 20% del PIB de Catalunya està generat per la indústria. L'objectiu de Catalunya és arribar al 25% l'any 2020, i l'aposta per la Indústria 4.0 és fonamental per assolir-lo. D'altra banda, Catalunya té un sector TIC potent, que els darrers anys s'ha convertit en

generador de riquesa i d'ocupació de qualitat. Compta amb més de 12.800 empreses (xifra que representa un pes relatiu de gairebé el 2% del total d'empreses catalanes), genera més de 14.000 milions d'euros de facturació anual i destina més de 200 milions d'euros anualment a inversió en R+D. A més, el sector TIC ocupa 84.600 treballadors i concentra el 70% de la seva activitat al voltant de la ciutat de Barcelona.

En l'àmbit de l'emprenedoria, Catalunya i Barcelona s'han convertit en un *hub* important a Europa. Segons el CITIE Report 2015, Barcelona és la quarta millor ciutat europea per a emprenedoria digital. Així, Catalunya i Barcelona concentren més de 1.500 start-ups, fonamentalment en els sectors d'Internet/mòbil, programari, comerç electrònic i *big data*, àmbits molt lligats a la Indústria 4.0. El *Mobile World Congress*, el *Four Years From Now*, l'*Smart City Expo & World Congress* i d'altres fires de referència, així com la presència d'incubadores de referència internacional, com *Wayra*, *101 Startups*, *SeedRocket* o *Conector Startup Accelerator*, també impulsen i aporten valor a l'emprenedoria. Una iniciativa recent a destacar en aquest sentit és el *Tech Factory*, impulsat per l'IQS, que pretén ser una acceleradora d'*start-ups* tecnològiques en l'àmbit industrial, la primera d'aquest tipus a Catalunya.

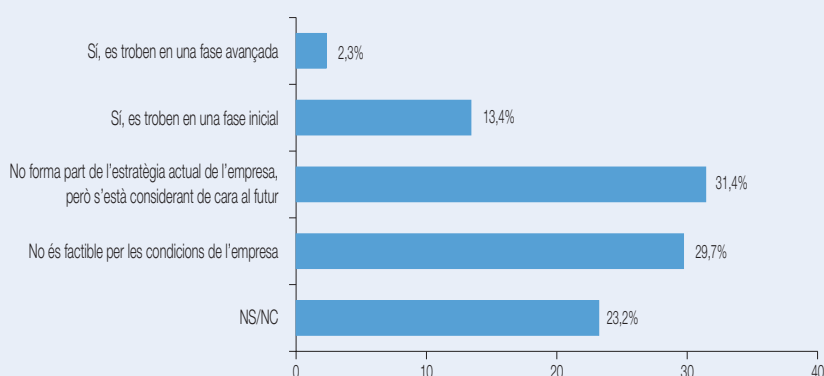
En aquest marc industrial, de TIC i d'emprenedoria, conèixer el grau d'implantació de les tecnologies 4.0 en la indústria catalana és imprescindible per saber si s'està aprofitant prou aquest potencial, per poder preveure la seva evolució futura i també per planificar polítiques públiques de suport a la innovació.

Amb aquesta finalitat, la Cambra de Comerç de Barcelona i l'IDESCAT han realitzat una enquesta al sector industrial que s'emmarca dins de l'Enquesta de Clima Empresarial de Catalunya del primer trimestre de 2017. L'enquesta s'ha fet a 554 empreses industrials, una mostra prou representativa com per poder extrapolar els resultats al conjunt del sector industrial català (marge d'error mostral del 4,1%). Cal tenir en compte que el 73% de les empreses de la mostra tenen fins a 49 treballadors, el 16% tenen de 50 a 199, i el restant 12% més de 200 treballadors. Aquesta realitat del teixit empresarial industrial al nostre país s'ha de tenir molt present a l'hora d'analitzar els resultats de l'enquesta atès que no està dirigida només a les grans empreses, les quals tenen més capacitat per fer grans inversions en innovacions tecnològiques.

L'enquesta pretén conèixer, en primer lloc, quin és el percentatge d'empreses que està dins el paradigma de la Indústria

<sup>14</sup> Font: <http://www.fablabbcn.org/machines/>

Gràfic 5  
Adaptació al paradigma de la Indústria 4.0



Font: Cambra de Comerç de Barcelona i IDESCAT, CLEM 2017/1

4.0<sup>15</sup>, i quin és el grau d'implantació actual (2016) i previsió futura (el 2020) de cadascuna de les 9 tecnologies que s'engloben dins el concepte d'Indústria 4.0<sup>16</sup>. Així mateix, l'enquesta vol saber l'opinió de les empreses respecte als possibles efectes positius / negatius de la Indústria 4.0 i a algunes limitacions o obstacles que poden existir. Finalment, també s'ha preguntat a les empreses com valoren el grau d'adaptació digital dels diferents actors que participen en la cadena de valor de la producció industrial, i també com valoren el grau de competitivitat dels proveïdors de serveis tecnològics que operen actualment a Catalunya. En total, s'han realitzat cinc preguntes, els resultats de les quals s'analitzen a continuació.

La primera qüestió fa referència al grau d'adaptació del teixit industrial al nou paradigma 4.0. Els resultats mostren que el 15,7% de les empreses industrials ja estan dins el model d'Indústria 4.0, però en diferents fases d'implantació. Només el 2,3% es trobarien en una fase avançada i el 13,4%, en una fase inicial. Per contra, el 31,4% de les empreses industrials diuen que aquesta adaptació no forma part de la seva estratègia actual, però s'estaria considerant de cara al futur, mentre que el 29,7% diu que no és factible per les condicions de l'empresa. Finalment, un 23,2% no sap/no contesta (gràfic 5).

<sup>15</sup> A l'enquesta es defineix Indústria 4.0 com un nou model competitiu basat en la recollida massiva de dades i en la presa de decisions a temps real a tota la cadena logística, des de les plantes de matèria primera fins al consumidor final. Aquest paradigma es basa en l'ús de tecnologies avançades de computació (big data, robotització, sensorització, computació al núvol, intel·ligència artificial), la utilització de materials avançats, la impressió 3D per fer prototips, etc.

<sup>16</sup> Segons la definició emprada en aquest estudi, les 9 tecnologies són: ciberseguretat, integració horitzontal i vertical de sistemes, big data, robots autònoms, computació al núvol, Internet de les coses, simulacions en 3D, fabricació additiva (3D) i realitat augmentada. Cal aclarir que pot haver-hi altres classificacions i tecnologies facilitadores de la Indústria 4.0.

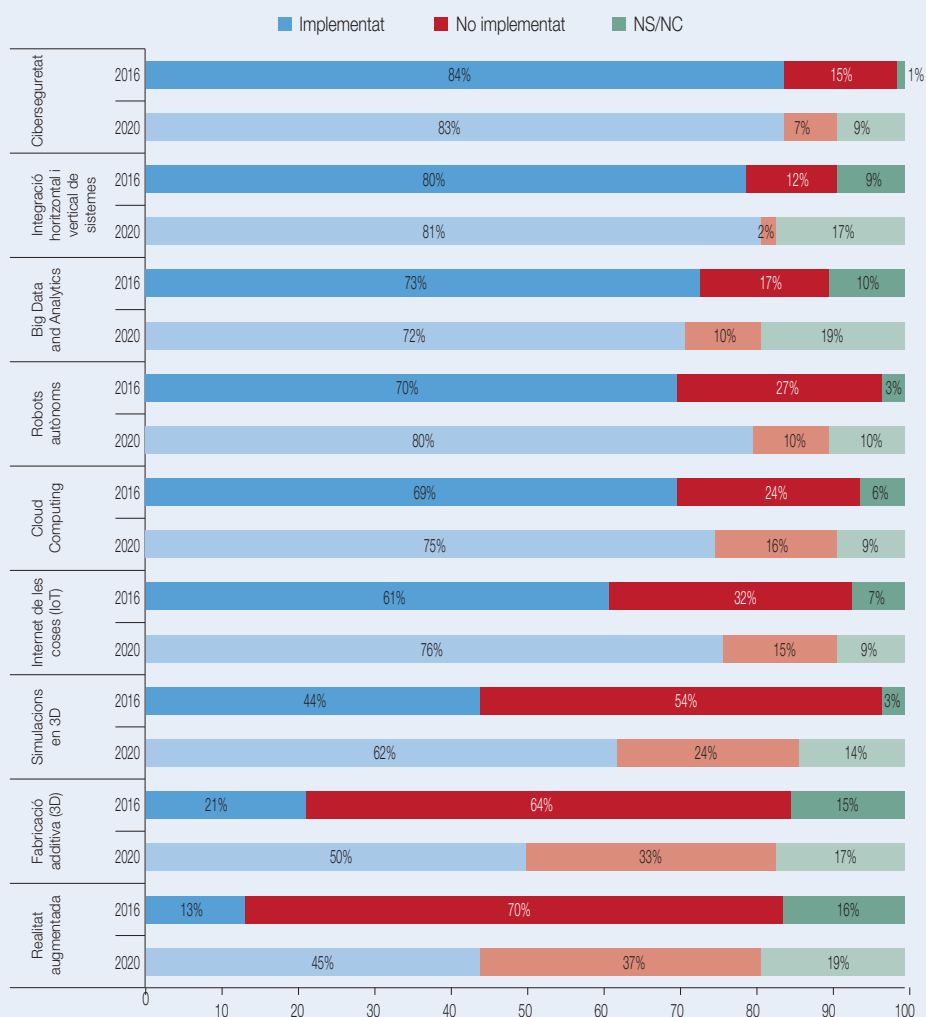
És important assenyalar que dels resultats de l'enquesta s'obté que hi ha gairebé un terç d'empreses industrials amb possibilitats d'incorporar-se a la transformació digital, un *target* que hauria de ser destinatari prioritari de les polítiques de suport a la innovació en les seves diferents vessants (informació i assessorament, contacte amb els centres de coneixement i d'R+D, suport financer, etc.). També és destacable l'alt percentatge d'empreses que no tenen informació sobre què és la Indústria 4.0.

La segona pregunta només s'ha dirigit a aquest 15,7% d'empreses industrials que ja està immers en la transformació digital 4.0 i el que es vol saber és el seu grau d'implementació de les 9 tecnologies identificades. Els resultats mostren que sis de les nou tecnologies tenen un grau d'implementació elevat, ja que més de la meitat de les empreses enquestades diuen que ja l'estan implantant. En ordre decreixent, les tecnologies amb un grau d'implementació més elevat són: la ciberseguretat (el 84% ja ho tenen), la integració horitzontal i vertical de sistemes (el 80% ho fan), el *big data analytics* (el 73% d'empreses ho fan), els robots autònoms (70%), el *cloud computing* (69%) i l'Internet de les Coses (IoT) (61%). Les restants quatre tecnologies tenen un grau d'implantació inferior: les simulacions en 3D les fan el 44% de les empreses, la fabricació additiva (impressió en 3D) només el 21% i la realitat augmentada és la menys estesa, amb un percentatge d'aplicació del 13% (gràfic 6).

Tan interessant és conèixer el grau d'implantació d'aquestes tecnologies actualment com saber quin serà el grau d'implementació que les pròpies empreses preveuen en un futur proper atenent els seus plans estratègics. Els resultats mostren que, com és previsible, les tecnologies amb un menor ni-



Gràfic 6  
Implementació a les empreses 4.0 de determinades tecnologies facilitadores  
l'any 2016 i previsió per a l'any 2020



Font: Cambra de Comerç de Barcelona i IDESCAT, CLEM 2017/1

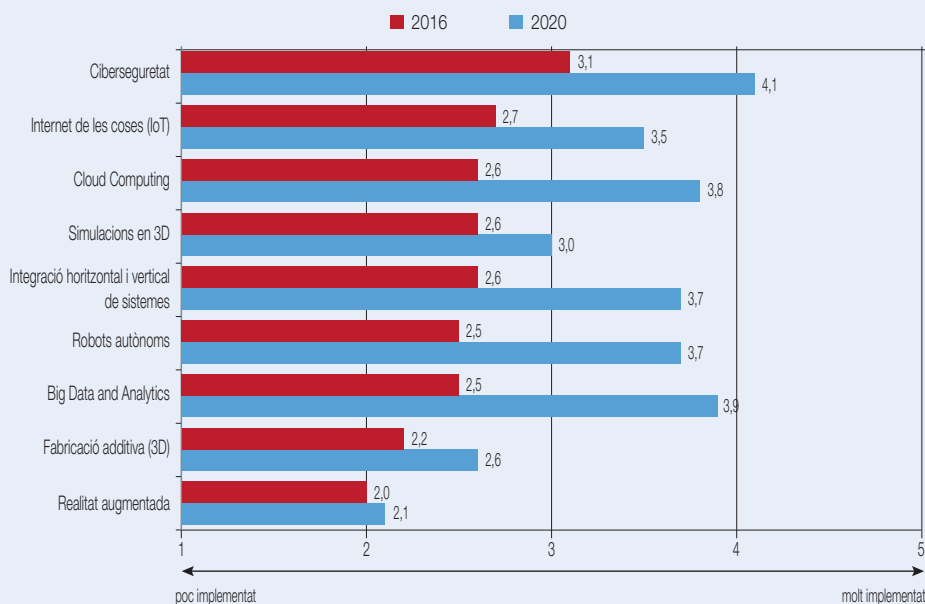
vell d'implementació en l'actualitat són les que probablement avançaran més en els propers quatre anys. Concretament, seran: la realitat augmentada, que passarà d'aplicar-se pel 13% de les empreses 4.0 al 45% el 2020, i la fabricació additiva (impressió en 3D) que també es preveu que avanci ràpidament des del 21% actual al 50% el 2020. Les altres dues tecnologies que es preveu tindran un desenvolupament important són les simulacions en 3D (que passarien del 44% al 62%) i l'IoT (del 61% al 76%). La resta de tecnologies ja estan majoritàriament implantades a les indústries 4.0 i, per tant, el seu avenç relatiu serà menor.

A la [gràfic 7](#) es detalla, per a cada tecnologia facilitadora, quin és el nivell d'implementació actual (i previsió el 2020) a les empreses industrials catalanes, en un rang d'1 a 5, on

1 és poc implementat i 5 totalment implementat. Tal com es pot observar, la majoria de tecnologies es troben en una fase d'implementació mitjana (entorn a 2,5 punts). Només destaca per la banda alta la ciberseguretat i l'Internet de les coses i, per la banda baixa, la fabricació additiva i la realitat augmentada. Tanmateix, el grau de dispersió és relativament baix, cosa que indicaria que cap de les 9 tecnologies es troba en un fase molt endarrerida d'implementació dins les empreses que ja treballen amb el nou paradigma.

L'any 2020, totes les tecnologies augmentaran el seu nivell d'implementació de forma significativa, segons l'opinió de les empreses, situant-se entorn o prop d'una puntuació de 4 (en un rang d'1 a 5). Però hi ha tres tecnologies que les empreses creuen que encara tindran un nivell d'implementació moderat

Gràfic 7  
Grau d'implementació a l'empresa de determinades tecnologies facilitadores de la Indústria 4.0 l'any 2016 i l'any 2020 (1: poc implementat i 5: totalment implementat)



Font: Cambra de Comerç de Barcelona i IDESCAT, CLEM 2017/1.

el 2020, que són les simulacions en 3D (puntuació de 3), la impressió en 3D (2,6 punts) i la realitat augmentada (2,1 punts).

El debat sobre l'impacte de la digitalització de la indústria està generant un debat intens respecte als efectes positius / negatius que aquesta revolució pot generar, així com sobre les limitacions que s'hi poden trobar (manca de perfils professionals adients) o la possibilitat de que algun dia Catalunya pugui formar part de les regions líders a Europa en aquesta matèria.

Per això, hem volgut conèixer l'opinió del conjunt d'empreses industrials (no només de les que ja estan implantant tecnologies 4.0) respecte a sis afirmacions i hem obtingut els resultats que es resumeixen a continuació (gràfic 8):

- L'afirmació que ha rebut un major grau de consens és que faltin perfils adaptats a les necessitats tecnològiques de l'empresa industrial tecnològica del futur. Concretament, el 40% de les empreses estan d'acord amb aquesta afirmació i el 53% hi està parcialment d'acord.
- La segona afirmació més recolzada és que la inversió requerida en innovació és massa alta i les pimes no poden fer-hi front, només les empreses grans. El 35% de les empreses està totalment d'acord amb l'afirmació i el 56% hi està parcialment d'acord.

- La tercera és que la producció serà més flexible per adaptar-se als canvis en la demanda. El 31,4% està totalment d'acord amb l'afirmació.

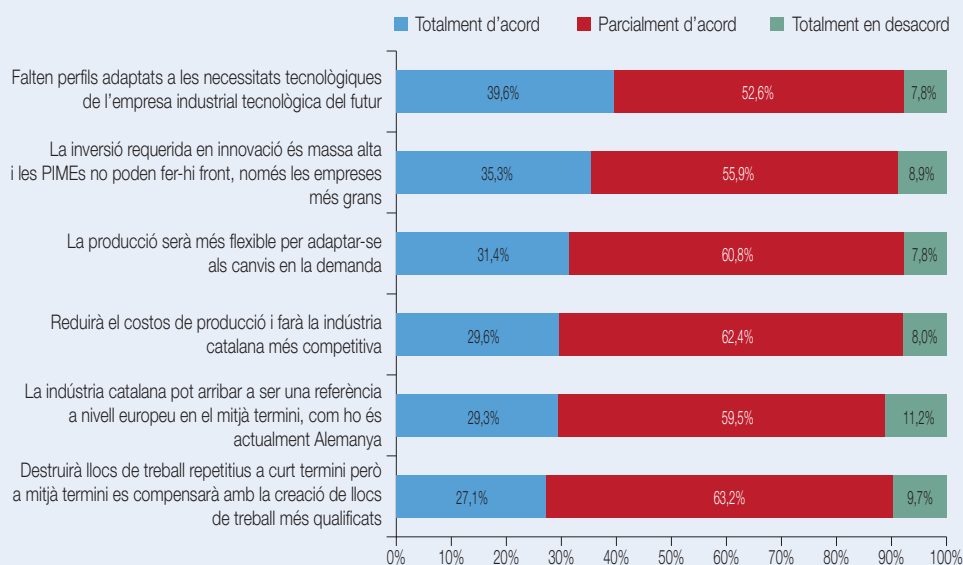
- La quarta també fa referència als beneficis de la introducció de la indústria 4.0 i és l'impacte positiu que tindrà sobre la reducció dels costos de producció i sobre la competitivitat.

- Pràcticament el 30% de les empreses està totalment d'acord amb l'afirmació «la indústria catalana pot arribar a ser una referència a nivell europeu en el mitjà termini, com ho és actualment Alemanya», però també observem que és en l'afirmació on el percentatge d'estar-hi en desacord és el més elevat (11,2%).

- Finament, l'afirmació que ha rebut un menor suport és que la Indústria 4.0 destruirà llocs de treball repetitius a curt termini però a mitjà termini es compensarà amb la creació de llocs de treball més qualificats. Aquí el percentatge que hi està totalment d'acord baixa al 27% i el que hi està en desacord és el segon més alt (9,7%).

Podríem resumir dient que les empreses tenen dubtes respecte al potencial lideratge de Catalunya i respecte a l'impacte neutral que pugui tenir sobre el nivell d'ocupació en el futur. En canvi, opinen que els factors que poden limitar el

Gràfic 8  
**Valoració de determinades afirmacions sobre l'impacte que pot tenir la implementació de la Indústria 4.0**



Font: Cambra de Comerç de Barcelona i IDESCAT. CLEM 2107/1.

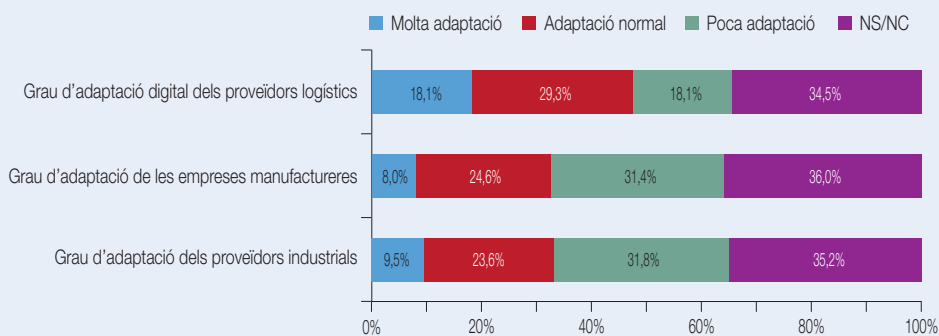
creixement futur de la Indústria 4.0 són: la falta de perfils professionals tècnics adequats i que moltes empreses no poden afrontar el cost que representen aquestes inversions per la manca de dimensió.

Amb la quarta pregunta s'ha volgut saber la valoració que fan les empreses respecte al grau d'adaptació a la revolució tecnològica que implica la Indústria 4.0 dels diferents actors de la cadena de valor (*supply chain*). Els resultats mostren que els empresaris perceben que el grau d'adaptació és superior en els proveïdors logístics que no pas en els proveïdors industrials i en el sector manufacturer en general. De fet, el

18,1% dels proveïdors logístics estarien molt adaptats, enfront d'un 9,5% dels industrials i un 8% de les empreses manufactureres (gràfic 9). Però cal assenyalar l'alt percentatge d'empreses que diu que no sap/no contesta, que és superior al 30% en els tres àmbits preguntats.

Finalment, amb la cinquena pregunta s'ha volgut saber la valoració que fan les empreses industrials sobre la competitivitat de les empreses de serveis tecnològics que operen a Catalunya i que són essencials per avançar en el paradigma de la Indústria 4.0. El 16,8% de les empreses de serveis tecnològics tenen una competitivitat alta i el 30,5%, normal.

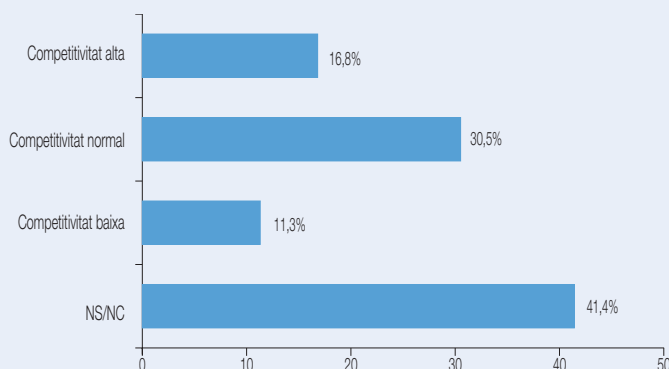
Gràfic 9  
**Valoració del grau d'adaptació que tenen els diferents actors de la cadena de valor a la digitalització i a la indústria 4.0**



Font: Cambra de Comerç de Barcelona i IDESCAT. CLEM 2107/1.

Gràfic 10

### Valoració en termes de competitivitat de l'oferta d'empreses de serveis tecnològics a Catalunya que poden donar solucions a empreses industrials que volen assumir el paradigma de la Indústria 4.0



Font: Cambra de Comerç de Barcelona i IDESCAT, CLEM 2017/1

Només l'11,3% diu que la competitivitat és baixa. Per tant, sembla que l'oferta de serveis tecnològics no seria una barrera a l'hora d'impulsar un canvi tecnològic a una empresa industrial, tot i que un 41,4% d'empreses diu que no sap/no contesta (gràfic 10).

En conclusió, els resultats de l'enquesta realitzada a més de 500 empreses industrials catalanes es poden resumir en cinc idees clau:

- Una de cada sis empreses industrials ja han iniciat la revolució tecnològica coneguda com Indústria 4.0, però el més important és que hi ha un 31% d'empreses industrials que encara no ho han fet, tot i que podrien estar en disposició de fer-ho si tinguessin el suport, el coneixement i els incentius necessaris. A aquest grup d'empreses s'han de dirigir especialment els esforços de suport a la innovació des de les administracions públiques.
- Les tecnologies que més creixeran els propers anys són la realitat augmentada o la impressió 3D, totes dues avui amb un nivell d'implantació clarament per sota de la mitjana. El 2020 s'espera que aquestes tecnologies estaran adoptades per la meitat de les empreses. Altres com l'IoT, el *cloud computing*, els robots autònoms o el *big data* ho estaran al 75% de les empreses industrials.
- Es pot dir que les dues principals limitacions per avançar en la implantació de la Indústria 4.0 són la manca de treballadors amb perfils tecnològics i les dificultats que tenen les pimes per afrontar aquest canvi. Existeix una opinió majoritària de que els efectes sobre la competitivitat industrial

i la flexibilitat de la producció seran positius. En canvi, hi ha menys suport a la idea de que en el futur pugui tenir un efecte neutre sobre el nivell d'ocupació.

- El grau d'adaptació dels proveïdors logístics al canvi digital que representa la Indústria 4.0 és força acceptable, mentre que la dels proveïdors industrials es pot considerar normal.
- Finalment, el nivell de competitivitat de les empreses prestadores de serveis tecnològics no sembla ser un obstacle per a que la indústria abordi el canvi tecnològic, malgrat que és un sector que requereix d'actualització constant i de grans inversions per mantenir el seu nivell competitiu.

## 8. Conclusions

Indústria 4.0 és un terme que va ser utilitzat per primer cop pel Govern alemany i que descriu una organització dels processos de producció basada en la tecnologia i en dispositius que es comuniquen entre ells de forma autònoma al llarg de la cadena de valor (Smit et al. 2016). Aquest fenomen representa un canvi tan gran que també s'anomena com la quarta revolució industrial.

Les tecnologies digitals permeten la vinculació del món físic (dispositius, materials, productes, maquinària i instal·lacions) amb el digital (sistemes). Aquesta connexió habilita que dispositius i sistemes col·laborin entre ells i amb altres sistemes per crear una indústria intel·ligent, amb producció descentralitzada i que s'adapta als canvis en temps real. En aquest

entorn, les barreres entre les persones i les màquines esdevenen més difoses.

Les nou tecnologies sobre les quals es fonamenta la Indústria 4.0 ja s'estan utilitzant actualment a les empreses manufactureres però de forma aïllada. Amb aquesta nova revolució, les cadenes de valor esdevindran un flux completament integrat, automatitzat i optimitzat que millorarà l'eficiència i canviarà la relació tradicional entre proveïdors, productors i clients, així com entre persones i màquines.

Els diferents enfocaments recollits conflueixen en indicar que l'aplicació d'aquestes tecnologies generarà processos productius més eficients i flexibles, millorarà les prestacions dels productes actuals i futurs, i habilitarà canvis de gran abast en els models de negoci actuals, com els que succeiran amb l'arribada del vehicle autònom o l'economia col·laborativa.

Aquests avantatges tenen la seva contrapartida en reptes per a tots els agents de la cadena de valor. Els fabricants hauran d'adaptar-se a la hiperconnectivitat del client. Les fases del procés productiu estaran plenament connectades i hauran de gestionar demandes exigents i contínues de flexibilitat a les quals hauran de donar resposta gràcies al control i l'anàlisi contínua de tot el flux de dades que generin. Els productes es personalitzaran i, en molts casos, es transformaran en serveis adaptats al món digital. La combinació dels reptes descrits generarà, en conclusió, nous models de negoci.

Enllaçant amb el darrer punt, la personalització massiva de productes i serveis, els canvis en la demanda seran també profunds. A l'era de l'accés que teoritzava visionàriament RIFKIN (2000), els clients voldran tenir accés omnicanal i indistint als productes i serveis, sent necessària la coordinació i la coherència entre tots ells. En aquesta línia, la democratització de l'accés a la informació de preus o qualitats serà encara més evident, amb el consegüent esforç continu de les empreses per mantenir l'atractivitat de productes i serveis i per ser proactives i aprofitar les dades i la tecnologia per conèixer predictivament els hàbits d'ús i consum dels seus clients.

La Indústria 4.0 generarà una transformació tant d'oferta com de demanda. Les empreses industrials necessitaran comptar amb recursos propis o accés a finançament per realitzar aquestes inversions i ser flexibles en els canvis. Tots dos elements poden ser directament proporcionals a la dimensió de l'empresa. Igual que succeeix de forma general en la inversió en R+D o en la implantació de la formació professional dual, comptar amb poques empreses mitjanes i grans és un fre a la ràpida incorporació d'aquestes tecnologies. Per

això, la política pública té aquí un rol important, ja que haurà de fomentar el dimensionament empresarial i ajudar a crear un ecosistema d'innovació robust que faciliti la transició de les empreses petites i mitjanes cap a la Indústria 4.0.

Des del punt de vista del sector públic, els entrebancs poden venir de l'entorn regulador, el qual hauria d'establir les bases i els límits operables (per exemple, en el tractament de dades personals), així com de l'adaptació dels sistemes formatius, tant de formació professional com universitària, per tal de donar resposta a la demanda prevista de nous perfils relacionats amb la Indústria 4.0. Amb responsabilitat compartida amb les empreses, també cal superar entrebancs derivats de la falta d'estandardització per tal que permeti desenvolupar sistemes interoperables. L'estandardització és un dels desafiaments més grans per a la implantació a gran escala de la Indústria 4.0 (Smit 2016).

Més enllà de les transformacions productives, els efectes més debatuts de la Indústria 4.0 són els que tenen a veure amb l'ocupació. Seguint Canals (2016), l'automatització provoca un efecte substitució: destrueix llocs de treball en determinats sectors i ocupacions. Però també existeix l'efecte complementarietat: hi ha llocs de treball en què l'automatització complementa la feina del treballador, per la qual cosa n'incrementa la productivitat i la remuneració. Afegit a aquests dos efectes, la innovació tecnològica expandeix la frontera de producció: amb els mateixos recursos, es pot produir més. D'aquesta manera, les successives revolucions industrials han comportat creixement econòmic i augment de rendes a llarg termini. No obstant això, a curt termini, els treballadors de la primera revolució industrial que no van perdre la feina no van veure augmentar el salari real durant dècades, tot i que la seva productivitat va millorar de forma substancial.

Hi ha estudis d'impacte optimistes, com el del Fraunhofer Institute for Systems and Innovation Research (2015), el qual afirma que l'ús de robots industrials pot estimular el creixement de l'ocupació i reduir la propensió a deslocalitzar producció fora d'Europa.

A part de la desaparició de tasques, un problema important que pot generar la Indústria 4.0 és l'augment de la desigualtat a curt termini ja que els treballadors amb feines que siguin més fàcilment automatitzables veuran reduït el seu salari mitjà. Això podria provocar una infrainversió en educació per una part de la població llevat que les polítiques públiques garanteixin l'accés a una educació de qualitat dels col·lectius més desfavorits. Confluent amb aquest debat, són cada cop més els autors que separen el vincle entre treball i ciutadania

i aposten per algun tipus de renda universal que garanteixi la dignitat i la supervivència dels individus.

Una altra conseqüència de la Indústria 4.0 sobre l'ocupació és la tendència cap a una feina més flexible, deguda a conceptes com el teletreball, els espais de co-working, els equips virtuals o el freelancing, coses que demanen una actualització de la regulació del mercat laboral. Un d'aquests conceptes nous és l'economia col·laborativa, o *sharing economy*, que és, segons la web especialitzada *consumocolaborativo.com*, una nova manera de compartir, intercanviar, prestar, llogar o regalar un bé o servei a partir de les noves tecnologies i les comunitats en xarxa. És una redefinició d'unes activitats que sempre s'han dut a terme, però mai a una escala global.

Per fer front a les conseqüències de la digitalització industrial en l'ocupació, la formació contínua de les persones que en formen part serà imprescindible, tant a nivell de formació professional com universitària.

El principal tret a destacar de la formació professional envers la Indústria 4.0 és el decalatge entre l'oferta i la demanda de titulacions. Pel que fa a l'oferta, tot i que la formació professional s'ha revaloritzat en general i ha vist incrementar el nombre de places i de matriculacions, els cicles formatius més relacionats amb la indústria (electricitat i electrònica, fabricació mecànica i instal·lació i manteniment) han experimentat en els darrers anys un manteniment o una disminució de les matriculacions que, fins i tot, ha comportat el tancament d'alguns cicles. A part, cal tenir en compte que les especialitats industrials tenen poc atractiu per a les noies, de manera que representen només el 5% de les matriculacions.

En definitiva, la Indústria 4.0 està generant una explosió de noves professions i de canvis en les existents que fa que l'FP tingui un paper determinant en la formació de persones amb els perfils necessaris per desenvolupar-les. El sistema català d'FP té el potencial per fer front a aquest repte.

Passant a nivell d'educació superior, l'exercici realitzat posa sobre el quadre que la manca de professionals amb formació en ciència, tecnologia, enginyeria i matemàtiques (STEM) és una realitat avui dia i que anirà en augment si no es posen mesures per evitar-ho. La xifra de graduats STEM a Catalunya no assoleix les 10.000 persones per curs i l'objectiu hauria de ser ampliar-ho gradualment fins a les 14.000 persones, una xifra que permetria assolir el 30% de graduats STEM a Catalunya, igualant així el percentatge que assoleix a Alemanya, que és el país de referència en la Indústria 4.0.

La ràpida evolució de la manufactura avançada i, en concret, dels processos de digitalització de la indústria, està sent percebuda pels governs i les institucions com un repte inevitable pel qual cal estar preparat. Això ha generat que s'hagin multiplicat les iniciatives estatals i supraestatals existents. Fins al moment, s'estan llançant iniciatives que responen a un patró clàssic de política industrial, és a dir, estratègies o plans adreçats especialment al sector industrial i a l'ecosistema de recerca i innovació que l'envolta. Els diferents actors institucionals han iniciat tasques d'estudi i propostes d'actuació per tal d'assegurar que l'entramat industrial i d'innovació dels diferents països i regions estigui en condicions d'afrontar i liderar aquesta nova etapa. S'aborda com un repte sectorial, però encara no es tracta com el repte social i cultural de gran calat en el qual es pot convertir a termini mitjà. És de preveure que la política sectorial més o menys clàssica vagi transitant cap a polítiques més àmplies que tinguin en compte la formació i les habilitats dels treballadors, la transformació del model de negoci, els projectes entre clústers o la ciberseguretat.

Centrant-nos en les iniciatives estatals, la seva planificació i execució s'inicia l'any 2010 en el cas alemany, i més recentment en la resta de casos. Alemanya mostra ja resultats clarament positius, sent el país que lidera clarament la cursa per la digitalització industrial a la UE i al món. En la resta de casos, donat que es tracta de programes relativament recents, encara és aviat per fer una valoració definitiva.

Els programes d'EUA, Regne Unit, França i Alemanya responen a l'ambició de generar projectes públics i privats que siguin tractors i transformadors a nivell industrial. Tots compten amb dotacions pressupostàries rellevants per generar i incentivar aquests projectes.

La UE no compta amb un programa específic i orientat a la digitalització industrial, però sí amb línies d'actuació dintre dels seus grans marcs de Mercat Únic Digital i Horitzó 2020. Serà d'interès seguir l'impacte dels projectes que en aquests programes marc es generin i la seva transcendència en un procés que hauria de tenir abast continental.

En el cas espanyol, el Govern central, sota el paraigües de «La Indústria Connectada 4.0» està fent un exercici útil de difusió i diagnòstic per a que les empreses siguin conscients del fenomen i de les transformacions que hauran d'assumir. El suport pressupostari, fins ara, s'ha subsumit dins de les línies d'ajut a la inversió industrial habituals del Ministeri.

Baixant a nivell autonòmic, destaca especialment el model de col·laboració públic-privat i la prioritat donada per Govern

i agents socioeconòmics al País Basc. Tots ells se situen rere la marca «Basque Industry 4.0», fonamentada en una realitat productiva innovadora i una prioritat pressupostària tangible i amb visió a llarg termini. A Catalunya, es preveu que a l'estiu de 2017 conclouin els treballs del Pacte Nacional per a la Indústria, que compta amb un capítol d'Indústria 4.0 i Digitalització que serà la punta de llança de les actuacions de la Generalitat en aquest àmbit.

En consonància amb les polítiques públiques per al foment de la Indústria 4.0, esdevé molt rellevant comptar amb un entorn de proveïdors tecnològics i d'interrelació i interacció entre tots els agents econòmics, tant a nivell local com global. Catalunya compta amb un ampli ecosistema de recerca i innovació amb capacitat per transferir tecnologia i coneixement a la seva indústria. En l'àmbit de recerca, el Barcelona Supercomputing Centre, l'Institut de Ciències Fotòniques o el Centre de Visió per Computador són capdavanters a nivell internacional. En matèria de transferència tecnològica, els centres Eurecat i Leitat compten amb experiència i línies de treball específiques en manufactura avançada. Hi ha doncs el teixit necessari, però caldrà seguir esmerçant esforços en la fluïdesa de la transferència tecnològica.

A part de l'àmbit tecnològic, s'ha palesat la importància de comptar amb un entorn de fires i congressos sectorials amb ambició global. Destaca aquí la importància del Mobile World Congress i de la capitalitat mundial del mòbil de Barcelona, els quals s'estan aprofitant no només per fer difusió de tecnologies cap a les empreses i la població en general, sinó que estan ara ja sent un motor d'atracció i generació d'activitats de noves empreses de base tecnològica (*start-ups*) refermant aquesta capitalitat de Barcelona en l'àmbit digital i de telefonia mòbil. Aquest impuls està també servint perquè Fira de Barcelona estigui creixent a l'entorn de fires creades recentment (IOT Solutions World Congress, In3Dustry Smart City World Expo Congress) i transformant salons tradicionals molt afectats pel canvi de model de negoci (Automobile Barcelona). La realització l'octubre de 2017 de la setmana de la Indústria 4.0, coincidint amb Expoquímia i el World Chemical Summit, haurien de confirmar aquesta positiva evolució.

Tot el treball conceptual i de recull d'iniciatives fet en aquest monogràfic no seria del tot complet sense copsar l'opinió de les empreses. Amb aquesta finalitat, la Cambra de Comerç de Barcelona i l'IDESCAT han realitzat una enquesta al sector industrial que s'emmarca dins de l'Enquesta de Clima Empresarial de Catalunya del primer trimestre de 2017. Els resultats es poden resumir en cinc idees clau:

- Una de cada sis empreses industrials ja han iniciat la revolució tecnològica coneguda com Indústria 4.0, però el més important és que hi ha un 31% d'empreses industrials que encara no ho han fet, tot i que podrien estar en disposició de fer-ho si tinguessin el suport, el coneixement i els incentius necessaris. A aquest grup d'empreses s'han de dirigir especialment els esforços de suport a la innovació des de les administracions públiques.
- Les tecnologies que més creixeran els propers anys són la realitat augmentada o la impressió 3D, totes dues avui amb un nivell d'implantació clarament per sota de la mitjana. El 2020 s'espera que aquestes tecnologies estaran adoptades per la meitat de les empreses. Altres com l'IoT, el cloud computing, els robots autònoms o el *big data* ho estaran al 75% de les empreses industrials.
- Es pot dir que les dues principals limitacions per avançar en la implantació de la Indústria 4.0 són la manca de treballadors amb perfils tecnològics i les dificultats que tenen les pimes per afrontar aquest canvi. Existeix una opinió majoritària de que els efectes sobre la competitivitat industrial i la flexibilitat de la producció seran positius. En canvi, hi ha menys suport a la idea de que en el futur pugui tenir un efecte neutre sobre el nivell d'ocupació.
- El grau d'adaptació dels proveïdors logístics al canvi digital que representa la Indústria 4.0 és força acceptable, mentre que la dels proveïdors industrials es pot considerar normal.
- Finalment, el nivell de competitivitat de les empreses prestadores de serveis tecnològics no sembla ser un obstacle per a què la indústria abordi el canvi tecnològic, malgrat que és un sector que requereix d'actualització constant i de grans inversions per mantenir el seu nivell competitiu.

Una breu consideració final, estem a l'inici d'un procés de digitalització que està transformant la societat, l'economia i la indústria de forma gradual, però profunda. Caldrà durant aquesta nova etapa recuperar la confiança en el progrés. Ortega i Gasset deia que l'home, la tècnica i el benestar són sinònims. En paraules actuals del filòsof Joan Mendoza, la tecnologia ens ha alliberat al llarg de la història de les nostres necessitats més primàries i ens ha permès dedicar-nos a pensar en nosaltres mateixos i en el món. La complexitat i la ràpida evolució actual no ha d'enlluernar-nos ni ha de menystenir aquests propòsits superiors. En conseqüència, la transformació digital haurà d'anar acompanyada de grans dosis de reflexió, humanisme i ètica, perquè totes les potencialitats mostrades en aquest article esdevinguin progrés i benestar per a tota la societat.

## Bibliografia

- Bauman, Zygmunt et al. (2016): *Estado de crisis*. Ed. Paidós Ibérica.
- Barcelona Activa (2015): *Impacte i potencial de la impressió 3D en l'ocupació*. Oportunitats a Barcelona i Catalunya.
- Brynjolfsson, Erik et al. (2014): *The Second Machine Age. Work, Progress and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies*. Ed. W.W. Norton & Company, Nova York.
- Canals, Clàudia (2016): *Automatització: la por del treballador*. Informe mensual de febrer de 2016. CaixaBank Research.
- Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia CNMC (2016): *Nuevos modelos de prestación de servicios y la economía colaborativa*. Conclusiones preliminares de la CNMC.
- DFKI(2011):<http://m.eet.com/media/1201911/Industry-1-to-4-timeline.jpg>
- Fontrodona, J. i Blanco, R. (2014): *Estat actual i perspectives de la impressió en 3D*. Articles d'economia industrial número 1. Departament d'Empresa i Ocupació. Generalitat de Catalunya.
- Fraunhofer Institute for Systems and Innovation Research (2015): *Analysis of the Impact of Robotic Systems on Employment in the European Union*. European Commission. DG Communications Networks, Content & Technology.
- Frey, C. et al. (2013): *The Future of Employment: How Susceptible Are Jobs to Computerisation?*, Document de treball.
- Fundació BCN Formació Professional (2017): *Els sectors econòmics emergents i la formació professional a la Regió Metropolitana de Barcelona. Sector: Indústria 4.0*. Observatori de l'FP a Barcelona.
- Gutiérrez-Domènech, Maria (2016): *La ineludible metamorfosi del mercat de treball: com pot ajudar l'educació?* Informe mensual de febrer de 2016. CaixaBank Research.
- Koppens, Frank (2016): entrevista a *La Contra* de La Vanguardia del dia 6 de febrer de 2016.
- Lorenz, Markus et al. (2015): *Man and Machine in Industry 4.0. How Will Technology Transform the Industrial Workforce Through 2025?* The Boston Consulting Group.
- Matzler, Kurt et al. (2014): *Adapting to the Sharing Economy*. MIT Sloan Management Review.
- McKinsey & Company (2015): *Four Fundamentals of Workplace Automation*. McKinsey Quarterly, novembre de 2015.
- Mestres, Josep (2016): *Com aprofitar l'impacte positiu del canvi tecnològic en l'ocupació?* Informe mensual de febrer de 2016. CaixaBank Research.
- Ministerio de Industria, Energía y Turismo (2014): *Industria conectada 4.0. La transformación digital de la industria española. Informe preliminar*.
- Morrón, Adrià (2016): *Arribarà la quarta revolució industrial a Espanya?* Informe mensual de febrer de 2016. CaixaBank Research.
- Ranstad Research (2016): *La digitalización: ¿crea o destruye empleo?*.
- Rifkin, Jeremy (2000). *La era del acceso*. Ediciones Paidós.
- Ruessmann, Michael et al. (2015): *Industry 4.0. The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries*. The Boston Consulting Group.
- Sander, Alison (2014): *The Rise of Robotics*. BCG Perspectives. The Boston Consulting Group.
- Smit, Jan et al. (2016): *Industry 4.0*. Directorate General for Internal Policies. European Parliament.
- Sirkin, Harold L. et al. (2015): *The Robotics Revolution. The Next Great Leap in Manufacturing*. The Boston Consulting Group.
- Sirkin, Harold L. et al. (2015-II): *Why Advanced Manufacturing Will Boost Productivity?* BCG Perspectives. The Boston Consulting Group.
- Tsusaka, Miki (2016): *Three Ways for Companies to Succeed in the Fourth Industrial Revolution*. BCG Perspectives. The Boston Consulting Group.
- World Economic Forum (2016): *The Future of Jobs. Employment, Skills and Workforce Strategy for the Fourth Industrial Revolution*. Global Challenge Insight Report.



## Webgrafia

- Basque Industry 4.0*: <http://www.spri.eus/es/basque-industry>
- Building our industrial strategy*: <https://www.gov.uk/government/consultations/building-our-industrial-strategy>
- Galicia Industria 4.0*: <http://www.igape.es/es/ser-mais-competitivo/galiciaindustria4-0>
- High Tech Strategy 2020 in Germany*: [https://www.bmbf.de/pub/HTS\\_Broschuere\\_eng.pdf](https://www.bmbf.de/pub/HTS_Broschuere_eng.pdf)
- Industrial Internet Consortium*: <http://www.iiconsortium.org/>
- Industrie de Futur*: <https://www.economie.gouv.fr/nouvelle-france-industrielle/accueil>
- Iniciativa Vanguard*: <http://www.s3vanguardinitiative.eu/>
- Iniciativa ICT Innovations for Manufacturing SMEs (I4MS)*: <http://i4ms.eu>
- Iniciativa Smart Anything Everywhere*: <https://smartanythingeverywhere.eu/>
- Industry 4.0. The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries*. Boston Consulting Group (2015): [https://www.bcgperspectives.com/content/articles/engineered\\_products\\_project\\_business\\_industry\\_40\\_future\\_productivity\\_growth\\_manufacturing\\_industries/](https://www.bcgperspectives.com/content/articles/engineered_products_project_business_industry_40_future_productivity_growth_manufacturing_industries/)
- La Industria Conectada 4.0*: <http://www.industriaconectada40.gob.es/Paginas/Index.aspx>
- La Nouvelle France Industrielle*: <https://www.economie.gouv.fr/presentation-nouvelle-france-industrielle>
- MENDOZA, Joan. Entrevista a El Periódico de Catalunya, 27 de maig de 2017: <http://www.elperiodico.com/es/noticias/entre-todos/joan-mendoza-tecnologia-puede-llegar-robarnos-libertad-por-gemma-tramullas-6064657>
- Mercat Únic Digital Europeu*: <http://www.consilium.europa.eu/es/policies/digital-single-market-strategy/>
- Murcia Industria 4.0*: <http://www.murciaindustria40.es/>
- Observatori per a l'Ocupació en l'Era Digital*: <http://feriade-lempleo.es>
- Pacte Nacional per a la Indústria*: [http://accio.gencat.cat/cat/empresa-ACC10/premsa/noticies-notes-premsa/2016/160914\\_Pacte\\_Industria.jsp](http://accio.gencat.cat/cat/empresa-ACC10/premsa/noticies-notes-premsa/2016/160914_Pacte_Industria.jsp)
- Plattform Industrie 4.0*: <http://www.plattform-i40.de>
- Red Extremeña de Prototipado y Fabricación Digital*: <http://imprimalia3d.com/noticias/2016/10/26/008146/red-extreme-prototipado-fabricacion-digital>
- US National Advanced Manufacturing Portal*: <https://www.manufacturing.gov/>





**Oficines i serveis**

Av. Diagonal, 452 - 08006 Barcelona  
Telèfon 902 448 448 (ext. 5457)  
consell@cambrescat.org

Patrocina:



Consell General de Cambres de Catalunya

[www.cambrescat.org](http://www.cambrescat.org)

Col·labora:

