

NOVES TENDÈNCIES I NECESSITATS FORMATIVES **AL SECTOR DE LA IMPRESSIÓ 3D**

OBSERVATORI DE L'FP

SETEMBRE 2021



ÍNDEX

1. INTRODUCCIÓ	4
1.1. Les fonts d'informació	6
1.2. Estructura de l'informe	9
2. LA IMPRESSIÓ 3D	10
2.1. Orígens i definició	10
2.2. Avantatges	12
2.3. Aplicabilitat i exemples	14
2.4. Distribució social i geogràfica	16
2.5. Penetració en la producció industrial	16
2.6. Presència al món empresarial	17
2.7. Impacte a l'ocupació	19
2.8. Institucions i esdeveniments	20
2.9. Tendències de futur	22
2.9.1. Impressores	22
2.9.2. Software	22
2.9.3. Post-processament	22
2.9.4. Cadena de subministrament	22
2.9.5. Materials	23
2.9.6. Sostenibilitat	23
2.9.7. Models de negoci	23
2.9.8. Legalitat	24
2.10. Limitacions	25

Aquesta publicació ha estat elaborada per l'Observatori de l'FP de la Fundació BCN Formació Professional per encàrrec del Consorci de la Zona Franca de Barcelona, amb la col·laboració del 3D Factory Incubator i l'Àrea Metropolitana de Barcelona.

Tota la informació que conté aquesta publicació es pot descarregar gratuïtament des de la pàgina web de la Fundació BCN Formació Professional.

fundaciobcnfp.cat

**Fundació BCN
Formació Professional**
PL de España, 5, 1.ª planta.
08014 Barcelona

3. ENCAIX ENTRE L'OFERTA FORMATIVA I LES NECESSITATS DEL SECTOR

26

3.1. Necessitats formatives i de suport	26
3.2. Competències professionals necessàries	27
3.3. Demanda de perfils professionals	30
3.4. Perfils professionals emergents	32
3.4.1. Perfils enfocats al disseny	32
3.4.2. Perfils enfocats als materials	33
3.4.3. Perfils enfocats al procés de fabricació	33
3.4.4. Nivells requerits	34
3.4.5. Demanda de perfils a curt i llarg termini	35
3.5. Previsions de contractació i valoració de l'FP	36

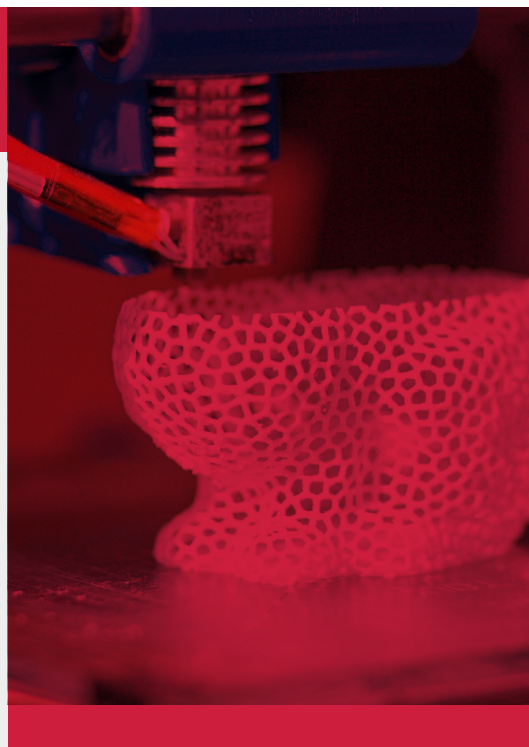
4. CONCLUSIONS

40

4.1. Adequació de l'oferta formativa	40
4.1.1. Impressió 3D com a eina d'aprenentatge	41
4.1.2. Generació de nous perfils professionals d'impressió 3D	42
4.1.3. Formació contínua	45
4.1.4. Oferta formativa orientada a les empreses	45
4.1.5. Formació per professorat	46
4.1.6. Institucions que ofereixen formació	47
4.2. Altres propostes per impulsar la impressió 3D	48

5. BIBLIOGRAFIA

52



1

INTRODUCCIÓ

Quan parlem d'impressió 3D parlem d'un sector innovador en constant evolució i amb un enorme i divers potencial. Aquesta tecnologia està cridada a ser un dels vectors del canvi, no només del model productiu, sinó en diverses àrees de coneixement i activitats com la medicina, la recerca aplicada o el desenvolupament de nous models de negoci.

Es tracta d'una nova i creixent àrea que mereix tota l'atenció tant del món empresarial com de l'administració pública (World Economic Forum, 2020a). Entre les projeccions més optimistes, s'espera que cada persona del món desenvolupat hagi entrat en contacte amb productes impresos en 3D pel 2025 (Mind Commerce, 2020). El Financial Times i altres fons fins i tot han suggerit que la impressió 3D podria arribar a ser més gran que Internet (3D Printing Industry, 2020).

Com veurem, a Catalunya es compta amb una base industrial capaç de fer front als desenvolupaments i treure'n profit econòmic en camps molt diversos: fabricants de béns d'equipament, empreses de desenvolupament de programari, empreses fabricants de materials (polímetres, ceràmics, metàl·lics i compòsits), empreses amb capacitat de disseny i de desenvolupament d'aplicacions, així com l'experiència de diverses entitats de recerca com centres tecnològics i universitats que estan treballant en la impressió 3D des de fa anys (Fontrodona i Blanco, 2014).

Així, la presència de centres tecnològics com Leitat o Eurecat i empreses com HP, Renishaw, Ricoh o Avinent col·loquen el país al costat de regions punteres a nivell mundial com els Estats Units, el Japó i el centre d'Europa. Per la seva banda, Barcelona representa el motor emprenedor de Catalunya, considerat el primer startup hub del sud d'Europa (ACCIÓ, 2019a).

Des de diverses institucions s'està fent una aposta ferma per potenciar aquesta tecnologia a partir de diverses iniciatives, com per exemple el projecte 3D Factory Incubator, impulsat pel Consorci de la Zona Franca.

Tot i la importància estratègica que la fabricació additiva tindrà en un futur i el paper clau que ja està jugant en l'àmbit científic, experimental i sanitari, no s'estan desenvolupant gaires accions al nostre territori encaminades a generar el talent i continguts formatius necessaris per donar resposta a la indústria 4.0 i a les empreses que incorporen en els seus processos de treballa fabricació additiva. Cal formar alumnat i professorat en les tecnologies emergents, com la impressió 3D aquesta és una de les conclusions extretes dels grups de treball de la Taula Sectorial de Formació industrial impulsada des de 2013 per la Fundació BCN Formació Professional o els salons INDUSTRY Advanced Factories, a la que se suma la dificultat que empreses i startups vinculades al 3D plantegen: la manca de personal qualificat per desenvolupar projectes i models de negoci vinculats a la fabricació additiva.

Des de la Fundació BCN Formació Professional som molt conscients de la importància que la formació professional esdevindrà clau per formar els futurs professionals de la indústria 4.0 i de la necessitat d'acostar les tecnologies emergents com la impressió 3D als centres per tal de generar professionals qualificats de diversos nivells per treballar i desenvolupar projectes a la indústria 4.0.

Per tal de dissenyar polítiques i accions públiques adreçades a cobrir les necessitats d'un sector específic, siguin ajuts o una adequació de l'oferta formativa, i que resultin exitoses, cal partir d'un coneixement profund de la situació de partida i de les necessitats dels principals actors afectats.

Amb aquests objectius, aquest estudi realitza un anàlisi de la bibliografia i els estudis publicats en relació a la impressió 3D, al temps que recull les opinions d'empreses i personalitats expertes del sector recollides mitjançant dues estratègies diferents i complementàries: una enquesta i una sèrie d'entrevistes.



1.1. Les fonts d'informació

Per conèixer en profunditat la situació del sector de la impressió 3D i les opinions i necessitats dels principals actors implicats, es recorre a tres fonts d'informació complementàries:

Figura 1. Fonts d'informació

- Revisió bibliogràfica: estudis, publicacions, notícies, etc.
- Entrevistes als principals actors del sector
- Enquesta en línia a empreses del sector



La revisió bibliogràfica ha tingut en compte una gran quantitat d'informes, estudis i publicacions de tot tipus relacionades amb l'evolució, la situació actual i les molt diverses tendències del sector de la impressió 3D. Aquesta informació resulta especialment útil per conèixer en quin punt ens trobem i quins desenvolupaments cal esperar a curt, mig i llarg termini.

La recollida d'informació qualitativa ha consistit en la realització de 18 entrevistes, principalment telefòniques però també presencials, abastant la diversitat d'actors del sector de la impressió 3D, així com tots els aspectes del procés de la impressió 3D, des de persones expertes en recerca i innovació, fins a responsables d'empreses dedicades a totes les fases del procés productiu, pertanyents a sectors molt diversos. La següent figura mostra aquesta diversitat assolida.

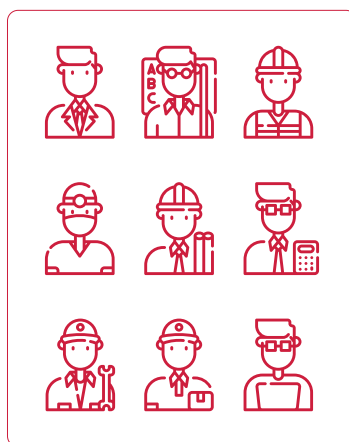
Figura 2. Perfils de les 18 persones entrevistades

Institucions:

- Empreses del sector: 8
- Institucions públiques i privades: 4
- Professorat d'universitats i centres d'FP: 4
- Associacions empresarials: 2

Sector:

- Mèdic
- Tecnològic
- Metall
- Fabricació mecànica
- Òptica
- Biomecànica
- Difusió de la tecnologia
- Venda d'impressores 3D
- Disseny
- Acabat
- Recerca i docència



Per la seva banda, l'enquesta en línia ha estat adreçada a les persones responsables del departament 3D o recursos humans d'empreses vinculades amb el sector de la impressió 3D, principalment amb seu a l'Àrea Metropolitana de Barcelona però també de la resta del l'Estat. El contacte s'ha realitzat principalment via correu electrònic. Finalment s'han obtingut 49 respostes, una xifra petita però que reflexa la realitat d'un sector emergent que no compta encara amb un teixit empresarial molt estès. No hi ha cap pretensió d'interpretar els resultats com a representatius de tota la xarxa empresarial al voltant de la impressió 3D, sinó més bé d'apropar-nos de forma aproximada a la realitat i les opinions dels principals actors productius d'aquest sector.

A continuació mostrem el perfil bàsic de les empreses enquestades. Respecte a la seva ubicació geogràfica hi trobem certa diversitat: un 38% pertanyen a l'AMB (un 22% a Barcelona i un 16% a la resta de l'àrea metropolitana), un 25% a la resta de la província de Barcelona, un 6% a les altres tres províncies catalanes i un 20% a la resta d'Espanya.

Específicament, un 6% estan ubicades al parc logístic de la Zona Franca i un 39% compten amb alguna vinculació amb iniciatives d'incubació o acceleració d'empreses (d'aquestes, més de la meitat són amb el 3DFactory).

En quant a la grandària de les plantilles, es repeteix un patró identificat al sector de la impressió 3D com veurem als següents apartats: la majoria són PIMEs. Així, un 65% de les empreses compten amb 20 treballadors/es o menys (de fet, gairebé la meitat del total tenen plantilles de 5 persones o menys).

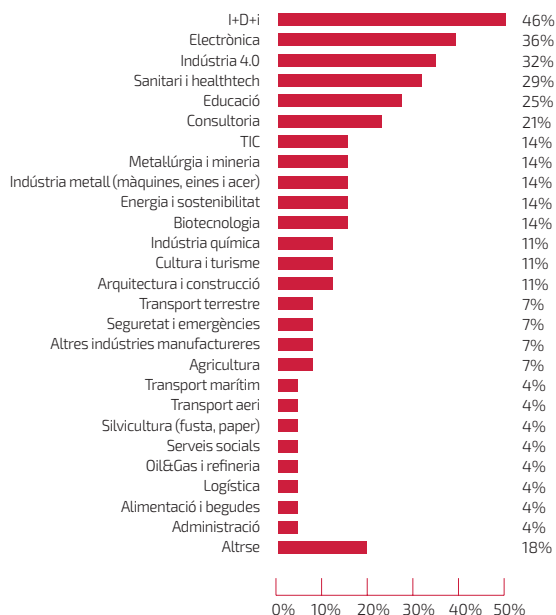
També es reproduïx la bretxa de gènere en relació a l'ús de la impressió 3D: les dones són minoria a un 79% de les empreses enquestades (i, de fet, menys d'un quart de la plantilla a un 57% dels casos).

Figura 3. Perfil de les empreses enquestades

	Ubicació	BCN ciutat	22%
		Reste AMB	16%
		Reste província BCN	35%
		Tarragona/Girona/Lleida	6%
		Reste d'Espanya	20%
	Ubicació al parc logístic de la Zona Franca		6%
	Vinculació amb iniciatives d'incubació/acceleració empreses		39%
	Nombre treballadors/es	Fins a 5	49%
		6-20	16%
		+20	35%
	% dones a plantilla	0%	27%
		1-25%	30%
		26-50%	22%
		51-75%	19%
		+75%	3%

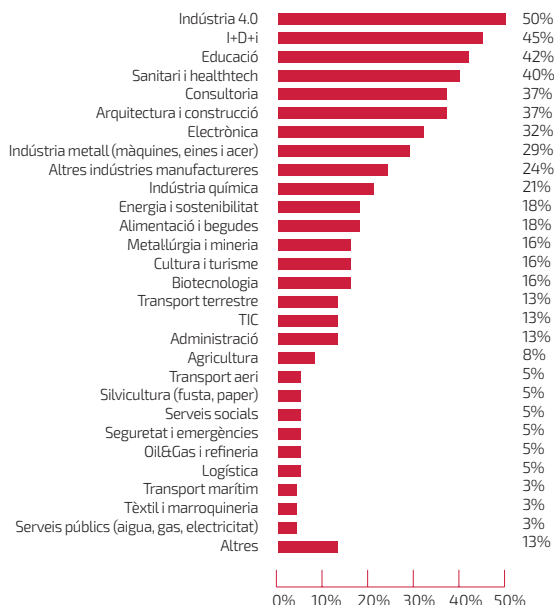
Els sectors més presents on desenvolupen activitat les empreses enquestades són la recerca (I+D+i, 46%), electrònica (36%), indústria 4.0 (32%), sanitari (29%) i educació (25%). A continuació d'aquests hi trobem diversos sectors de caire industrial, com mostra la següent gràfica.

Figura 4. Sectors de l'activitat de l'empresa



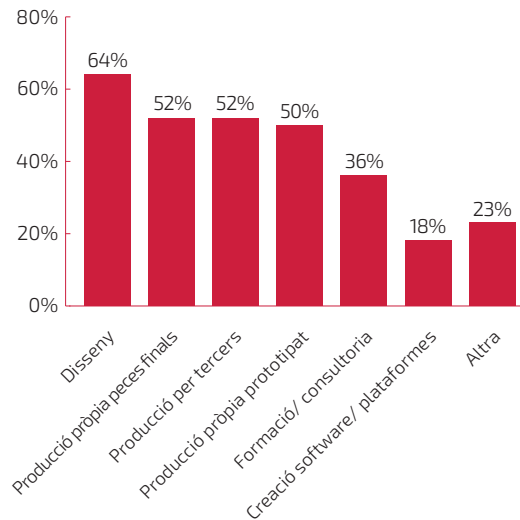
Les empreses enquestades presten serveis especialment als sectors de la indústria 4.0 (50%), I+D+i (45%), educació (42%), sanitari (40%), consultoria (37%), arquitectura/construcció (37%) i electrònica (32%). Novament, a continuació en ordre de rellevància hi trobem una sèrie de sectors industrials variats.

Figura 5. Sectors als que presta activitat l'empresa



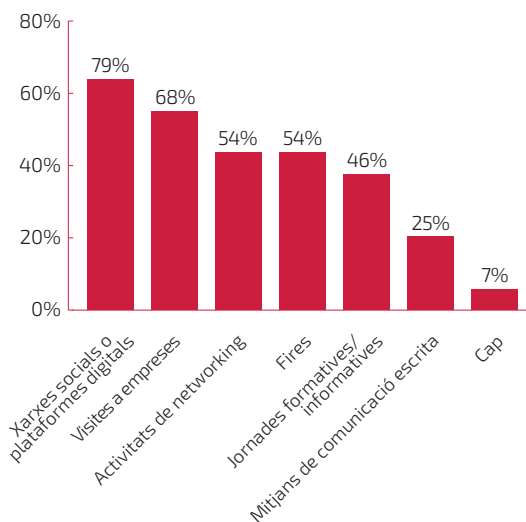
Entre les activitats de l'empresa vinculades al sector de la impressió 3D destaquen el disseny (64%), la producció pròpia de peces finals (52%), la producció per tercers (52%) i la producció pròpia de prototipat (50%). Veiem per tant com es materialitza en aquest cas la tendència del sector de passar del prototipat propi de les primeres fases de l'ús de la impressió 3D a incorporar la producció de peces finals. Comptem amb menor pes les activitats de formació/consultoria (36%), creació de software/plataformes (18%) i altres (23%, que inclou per exemple creació d'impressores, distribució, recerca, materials sostenibles o rèpliques de peces artístiques).

Figura 6. Activitat de l'empresa vinculada al sector 3D



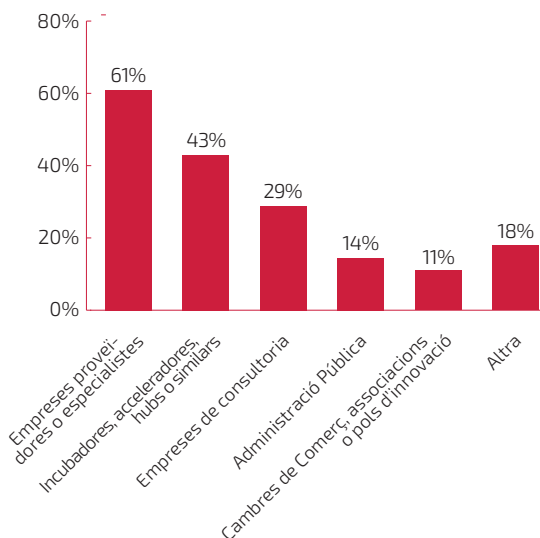
En quant a la xarxa de contactes d'aquestes empreses, cal preguntar-se quines vies es fan servir majoritàriament per comunicar-se amb el teixit empresarial a l'hora d'impulsar la tecnologia 3D. Doncs una gran majoria d'empreses (79%) recorren a les xarxes socials o plataformes digitals, més de dos terços realitzen visites a altres empreses i una mica més de la meitat recorren a activitats de networking i fires.

Figura 7. Vies de comunicació amb teixit empresarial per impulsar tecnologia 3D



En cas de buscar assessorament a l'arrancar un projecte o implantar una nova tecnologia, les institucions preferents són clarament les empreses proveïdores o especialistes en la tecnologia en qüestió. Li segueixen en ordre d'importància les incubadores o similars i a continuació les empreses de consultoria. En contrast, es recorre força menys a l'administració pública o institucions com la Cambra de Comerç, que haurien de redoblar esforços per tal de presentar-se com a referents per aquest sector.

Figura 8. Institucions per buscar assessorament a l'arrancar un projecte o implantar nova tecnologia



1.2. Estructura de l'informe

A partir d'aquestes tres fonts d'informació (revisió bibliogràfica, entrevistes i enquesta) es desenvolupen les diverses parts d'aquest informe, que resumim a continuació.

En primer lloc, al següent apartat s'aborda la situació de la impressió 3D. Partint dels seus orígens i la seva definició, es consideren els seus avantatges i la seva aplicabilitat, il·lustrada amb exemples concrets o paradigmàtics. També s'analitza el seu estat actual, atenent a la distribució social i geogràfica del seu ús, el grau de penetració en la producció industrial, la presència actual al món empresarial, el seu impacte en l'ocupació i algunes de les institucions i esdeveniments més rellevants. Finalment, es consideren les tendències de futur que mostra aquesta tecnologia (en termes de desenvolupament de les pròpies impressores, software, cadena de subministrament, models de negoci, etc.), així com les seves limitacions.

A continuació, al tercer apartat de l'informe, s'analitza l'encaix entre l'oferta formativa i les necessitats del sector de la impressió 3D. D'aquesta manera, indaguem en quines són les necessitats formatives i de suport de les empreses del sector, les competències i perfils professionals actualment més presents, així com quins perfils professionals es preveu que caldran a curt i llarg termini i les previsions de contractació.

Per últim, a l'apartat final s'estableixen quines accions es poden dur a terme a l'àmbit de l'oferta formativa per tal d'adequar-la a les necessitats de talent del sector, atenent també a l'impacte que la impressió 3D pot tenir a l'àmbit educatiu. També es desenvolupen altres propostes que les administracions públiques podrien dur a terme per potenciar el sector, així com unes consideracions finals.

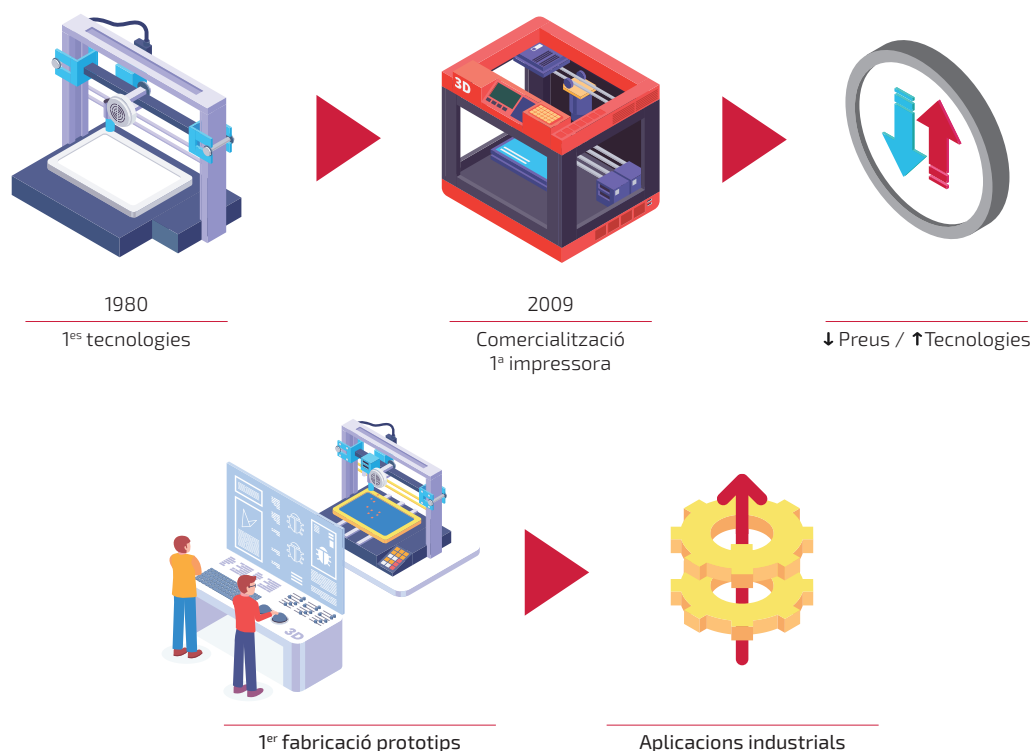
2 LA IMPRESSIÓ 3D

2.1. Orígens i definició

Les primeres tecnologies d'impressió 3D es van fer visibles a finals dels 1980', però no va ser fins a principis de 2009 que es va comercialitzar la primera impressora 3D (3D Printing Industry, 2020). Inicialment s'utilitzava únicament per a la fabricació de prototips ràpids (ACCIÓ, 2017a), però en els darrers anys ha experimentat un creixement exponencial, passant d'aquest ús eminentment particular a un increment de les seves aplicacions industrials (Institut Cerdà, 2019).

Així, va començar a tenir un fort desenvolupament al sector mèdic, al temps que començaven a finalitzar els períodes de protecció derivats de les patents dels processos originals d'impressió, permetent que arribaren al mercat versions més petites i lleugeres de màquines industrials a un preu raonable pel consum (López, 2018). D'aquesta manera, la importància actual de la impressió 3D implica que les administracions públiques han d'intentar acompanyar les seves economies en l'adopció i impuls d'aquestes tecnologies en constant evolució.

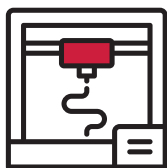
Figura 9. Evolució impressió 3D:



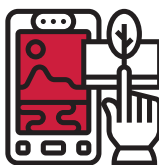
La impressió 3D s'emmarca dins de la indústria 4.0, que inclou totes aquelles empreses que proveeixen productes i serveis orientats a la digitalització del procés productiu (ACCIÓ, 2017a). Aquesta Indústria 4.0, que també es defineix com la Quarta Revolució Industrial, és un procés de transformació de la indústria combinant mètodes de producció i tecnologies de la informació avançades, possibilitant que el procés de fabricació sigui adaptatiu i flexible. Es basa en la integració de totes les entitats que conformen la cadena de valor, mitjançant la interacció de persones, màquines i sistemes en xarxes dinàmiques de valor de companyies autoorganitzades (ACCIÓ, 2019a).

Les principals eines tecnològiques de la indústria 4.0 es podrien agrupar en tres grans àmbits (ACCIÓ, 2019a):

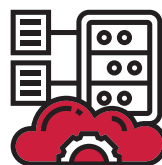
Figura 10. Principals eines de la indústria 4.0



Mitjans de producció:
robòtica avançada, impressió 3D



Intel·ligència:
realitat augmentada, simulació,
integració de sistemes



Dades i connectivitat:
internet de les coses, ciberseguretat, el núvol, big data

A Catalunya, entre les tecnologies de la indústria 4.0 més desenvolupades es troba la impressió 3D, tant en relació al disseny i la personalització; el prototipatge; com la fabricació i muntatge (ACCIÓ, 2019a).

Els termes "impressió 3D" i "fabricació additiva" sovint es fan servir indistintament, si bé el primer tindria implicacions més àmplies mentre que el segon es refereix més específicament a la producció (World Economic Forum, 2020a). Per tant, en aquest informe ens referirem a aquestes tecnologies preferentment amb el terme impressió 3D.

En quant a la seva definició, la impressió 3D pertany al conjunt de tècniques que conformen la fabricació digital (Barcelona Activa, 2015), i implica el procés d'unir materials per fer objectes a partir d'un model digital, normalment posant una capa a sobre d'una altra, en oposició als mètodes de fabricació tradicionals sostractius (Fontrodona i Blanco, 2014). La fabricació es duu a terme amb les màquines anomenades impressores 3D, que depositen el material i el van consolidant amb diferents tecnologies fins obtenir la peça final (ACCIÓ, 2019b).

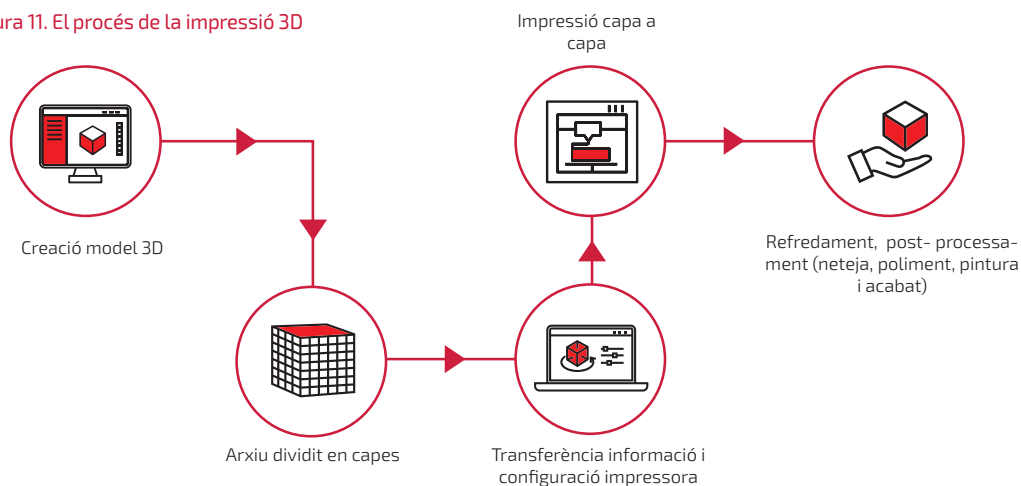
Cal diferenciar entre dos tipus d'impressió 3D (Barcelona Activa, 2015):

- La impressió 3D semi-professional: impulsada en gran part per la comunitat maker (lligada a la cultura "do it yourself" o "fes-ho tu mateix/a"), es fan servir impressores 3D de baix cost per fabricar prototips, peces, joguines, etc.
- La impressió 3D industrial: permet a les empreses augmentar la seva competitivitat mitjançant una reducció de temps i costos, ampliant les capacitats productives i la millora del servei

El procés de fabricació additiva es podria resumir en cinc passos bàsics (López, 2018):

1. Creació del model 3D que es vol imprimir
2. L'arxiu es divideix digitalment en capes
3. Transferència de la informació i configuració de la impressora
4. La màquina construeix el model capa a capa
5. Després d'un període de refredament i seguretat, es pot retirar el model de la màquina. Poden ser necessaris processos addicionals (post-processament), com ara la neteja, poliment, pintura i acabat de la superfície.

Figura 11. El procés de la impressió 3D



Per altra banda, de cara a l'avanç cap a un desenvolupament intel·ligent i sostenible global, d'acord amb els Objectius de Desenvolupament Sostenible marcats per l'Agenda 2030, les smart cities (o ciutats intel·ligents) són un agent socioeconòmic clau. L'objectiu de les smart cities és millorar la qualitat de vida de la seva ciutadania mitjançant iniciatives sostenibles, inclusives, transparents i participatives que facilitin una gestió urbana eficient mitjançant l'ús de la tecnologia, la innovació i al creació de coneixement (ACCIÓ, 2019c). La impressió 3D esdevé una de les tecnologies aplicades dins de la cadena de valor de les smart cities.

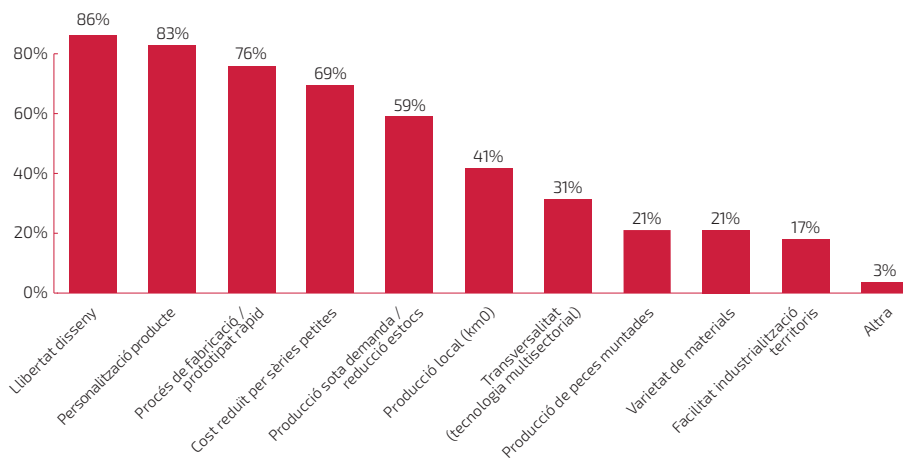
2.2. Avantatges

El creixement de les tecnologies innovadores i disruptives ha contribuït i contribueix a una transformació

sense precedents, revolucionant l'economia global, els models d'indústria i negoci, la pròpia societat i la sostenibilitat ambiental (Digital Future Society, 2021). En concret, la creixent importància i enorme potencial de la impressió 3D en relació a l'economia productiva està basada en molt diversos avantatges que ofereix front als mètodes de producció industrial tradicionals.

Segons les empreses enquestades al nostre estudi, aquests serien els avantatges de la impressió 3D que més interès despertarien (identificats per entre un 86% i un 59% de les empreses): la llibertat de disseny, la personalització del producte, la rapidesa del procés de fabricació o prototipat, la reducció del cost per fer sèries petites, així com la possibilitat de fer una producció sota demanda i reduir els estocs. Com veurem a continuació, es tracta d'avantatges també assenyalats en altres estudis.

Figura 12. Avantatges de la impressió 3D que desperten més interès al teixit empresarial



Per tant, d'entrada, la impressió 3D implica una gran flexibilitat. Al estar basada en tecnologies digitals, els objectes tridimensionals modelats digitalment en un software de disseny assistit per ordinador poden ser distribuïts per internet i impresos físicament de forma directa (Barcelona Activa, 2015). Això implica una volatilització de les cadenes de valor: en comptes de distribuir, es pot enviar un arxiu digital i imprimir la peça o el producte a la seva destinació, portant de tal manera la manufactura més a prop del consumidor en una mena de relocalització i reduint significativament els requeriments i costos de transport (Fontrodona i Blanco, 2014). Es potencia així la fabricació i distribució local de productes (Barcelona Activa, 2015). També es permet treballar sota comanda, sense necessitat d'estocs i per tant amb una cadena de subministrament més eficient i amb menys risc (Fontrodona i Blanco, 2014). En aquest sentit, alguns experts consideren que la integració d'aquesta tecnologia en la gestió de la cadena de subministrament és una cosa natural o gairebé inevitable (Sayol, 2011).

En quant a les aplicacions en la producció industrial, es pot considerar que la fabricació additiva fusiona la producció en sèrie i l'artesanal (López, 2018). En aquest sentit, alguns avantatges d'aquesta tecnologia serien: menors restriccions de disseny, producció a demanda, personalització a gran escala, producció distribuïda (Hubs, 2020).

Respecte a la producció de prototips, la impressió 3D ofereix avantatges molt importants: canvis ràpids de disseny, prototips operatius de baix cost, solucions àmpliament accessibles i una comunicació efectiva en relació al disseny (Hubs, 2020). Aquesta diferència resulta especialment important si la comparem amb els costos més elevats de prototipatge de les tècniques industrials més tradicionals. No és casualitat que les primeres aplicacions de la impressió 3D van ser precisament la creació de prototips.

Així, la impressió 3D permet el redisseny i la creació de nous productes finals amb una funcionalitat millorada (EY, 2019). Tant en relació a la mida com als materials, aquesta tecnologia possibilita un ajust permanent de la fabricació i canvis de disseny de manera ràpida i responent als requisits de la clientela (Institut Cerdà, 2019). Per tant, aquesta tecnologia permet una fabricació totalment personalitzada (customization), responent a una de les noves tendències del mercat d'oferir productes segons les preferències individuals de cada client.

En relació al procés de fabricació, la impressió 3D permet fabricar geometries complexes combinant materials diferents, fabricant a la màquina una peça o producte

en un únic procés (Barcelona Activa, 2015). També és rellevant que no es requereixen eines, que les màquines d'impressió 3D són cada cop més assequibles (a diferència de les màquines d'emmotllament per injecció) i que pot implicar un avantatge comercial i una major competitivitat en termes de costos i riscos reduïts (donat que la major part del cost és variable, no obtenint-se economies d'escala) (López, 2018).

També són importants les implicacions socials i ambientals. Per una banda, aquesta tecnologia pot implicar una disminució de les barreres per a la creació i la difusió d'informació de dissenys de fabricació (Institut Cerdà, 2019). Per altra, aquesta tècnica aprofita totalment els materials utilitzats, per la qual cosa representa una millora en termes de sostenibilitat mediambiental i una major vinculació a la lògica d'una economia circular. També en aquesta línia, al possibilitar fabricar tan sols allò que es necessita i no grans sèries, el procés es pot cenyir als recursos estrictament necessaris a cada moment (Fontrodona i Blanco, 2014).

El context més recent ha demostrat a la pràctica el potencial de la impressió 3D per ajustar-se a situacions canviants. Així, ha sigut molt útil per fer front als desequilibris entre oferta i demanda i els retards en les cadenes de subministraments establertes durant la pandèmia de la Covid-19, per exemple produint equipament de protecció, eines mèdiques i de testatge, accessoris personals o fins i tot allotjaments d'emergència (World Economic Forum, 2020a).

Figura 13. Avantatges:



2.3. Aplicabilitat i exemples

Conforme avancen les tecnologies d'impressió 3D, es diversifiquen enormement les seves aplicacions. De fet, qualsevol sector que faci servir o fabriqui objectes físics és un potencial beneficiari d'aquesta tecnologia (Barcelona Activa, 2015).

Ara bé, destaquen les principals aplicacions de la impressió 3D en els sectors de l'alimentació, aeronàutica, automoció, electrònica, esports, il·luminació i objectes de decoració i mobiliari, medicina i biologia, maquinària, moda, joieria, calçat i complements, ús domèstic, així com projectes artístics (Fontrodona i Blanco, 2014). També s'haurien de sumar altres com la indústria arquitectònica i la construcció (Shahrubudin et al., 2019) o la química (Barcelona Activa, 2015).

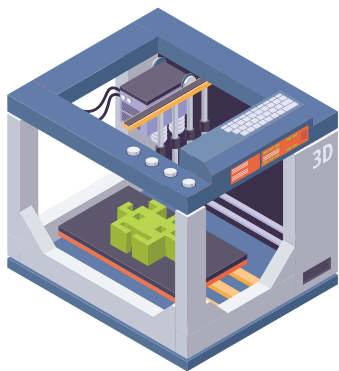
Si ens fixem en la rellevància actual, la impressió 3D ja compta amb una alta aplicació en matèria aeroespacial i de defensa, seguida de la salut/dental, l'automoció i l'electrònica (Institut Cerdà, 2019). El desenvolupament de la tecnologia i la reducció dels costos econòmics aniran de la mà d'una major i més profunda penetració d'aquesta en cada cop més sectors.

gradua Família han estat accelerades gràcies a aquesta tecnologia, recreant en prototips moltes de Gaudí (ACCIÓ, 2017b). Fins i tot HP, a la seva seu de Sant Cugat del Vallès, fa servir la impressió 3D per la fabricació d'aproximadament la meitat de les peces de plàstic de les pròpies màquines d'impressió 3D (ACCIÓ, 2019a).

En sanitat hi trobem avanços molt significatius. Com a cas d'èxit vinculat a pròtesis per a reconstrucció maxil·lofacial, l'empresa Avinent en uns 3 dies construeix una imatge en 3D del teixit ossi que cal reparar i dissenya una solució integral, que comprèn tant la pròtesi com les guies quirúrgiques que ajudaran a dur a terme l'operació (ACCIÓ, 2019a). També destaca la Fundació CIM de la UPC, que ha treballat amb l'Hospital Sant Joan de Déu per crear reconstruccions exactes de tumors amb impressió 3D i així augmentar l'èxit en les intervencions, fent servir un plàstic dur per les parts intocables i una resina tova per representar la textura del tumor (ACCIÓ, 2017b).

La impressió 3D ja s'ha adoptat en serveis concrets d'hospitals com el Servei de Cirurgia Ortopèdica i Traumatologia de l'Hospital Universitario Gregorio Marañón de Madrid i la Unitat de Tumors Musculoesquelètics

Figura 14. Aplicacions a sectors destacats



- Aeronàutica
- Defensa
- Medicina / biologia
- Automoció
- Electrònica
- Maquinària
- Construcció / arquitectura
- Química
- Alimentació
- Esports
- Il·luminació, decoració i mobiliari
- Moda
- Joieria, calçat i complements
- Ús domèstic
- Art
- Educació

Sempre resulta més fàcil entendre les implicacions d'una tecnologia a partir d'exemples concrets. En aquest cas, trobem que s'ha imprès des d'un patinet elèctric (Imprimatia3D, 2021c) o sabatilles per a córrer (Imprimatia3D, 2021d) fins a grans estructures, com el pavelló més gran del món imprès en 3D ubicat a Nanjing (Xina), que mesura 52 metres de longitud i 26 d'amplitud (Imprimatia3D, 2021a). Les obres de la Sa-

del servei de Cirurgia Ortopèdica i Traumatologia de l'Hospital Universitario i Politécnic La Fe de València. Com a exemples d'inversió privada massiva hi trobem Alder Hey Hospital a Anglaterra i al sector públic el Herson Biofabrication Institute en Austràlia (OPTFAIN, 2016).

Per la seva banda, la companyia ferroviària basca CAF ha produït i instal·lat als seus trens peces fabricades amb impressió 3D, amb un important estalvi en costos

de producció. Altres empreses de transport ferroviari a Alemanya o Països Baixos han integrat la impressió 3D en el manteniment i producció de peces de recanvi (Fernández, 2019).

L'empresa automobilística Nissan, a la planta de la Zona Franca, ha integrat solucions d'impressió 3D (desenvolupant eines, plantilles i accessoris) per tal d'accelerar el procés productiu de peces d'automòbil (Imprimalia3D, 2021b).

En termes d'ensenyament, aquesta tècnica també compta amb un fort potencial. Per exemple, hi trobem aplicacions en l'educació sobre prehistòria (Leakey i Dzambazova, 2014), matemàtiques (Fior, 2014), així com molt diverses aplicacions artístiques (veure, per exemple, Pietrosevoli, 2014).

A mode de resum, aquestes serien algunes aplicacions de la impressió 3D que o bé ja són una realitat relativament estesa o estan en fase de desenvolupament:

Figura 15. Exemples d'aplicacions de la impressió 3D per sectors

Sector		Aplicacions
Salut		Instruments mèdics Implants dentals Models d'assaig quirúrgic Eines mèdiques Pròtesis Teixits i vasos sanguinis Suports sobre els que es desenvolupa teixit cel·lular Medicaments Bio-impressió
Aeroespacial		Peces singulars de pes reduït Optimització de components Estructures d'ales d'avió
Automoció		Disseny i prototipatge Parts finals de gamma alta Peces descatalogades o poc comuns
Enginyeria mecànica		Prototips Peces funcionals Motlles i utilitatges Electrònica integrada en els productes
Construcció		Formigó prefabricat Infraestructures prefabricades Peces ceràmiques de geometries complexes Cases prefabricades Combinació de formigó amb residus industrials
Moda		Bosses Ulleres Calçat Roba i calçat tècnic Vestits
Llar		Decoració Joguines Joieria Il·luminació
Alimentació		Xocolata Reposteria Plats a partir d'aliments frescos Gelats

Fons: ACCIÓ, 2017a; ACCIÓ, 2017b; Institut Cerdà, 2019; OPTFAIN, 2016

2.4. Distribució social i geogràfica

Les desigualtats socials vinculades a la bretxa digital estan fortament presents al cas de la impressió 3D. Segons una enquesta realitzada a més de 1.600 persones usuàries d'impressores 3D arreu del món (Sculpteo, 2020), la bretxa de gènere és fulminant: un 89% són homes i tan sols un 11% dones. Aquesta diferència fins i tot ha augmentat lleugerament respecte al mateix estudi realitzat l'any anterior.

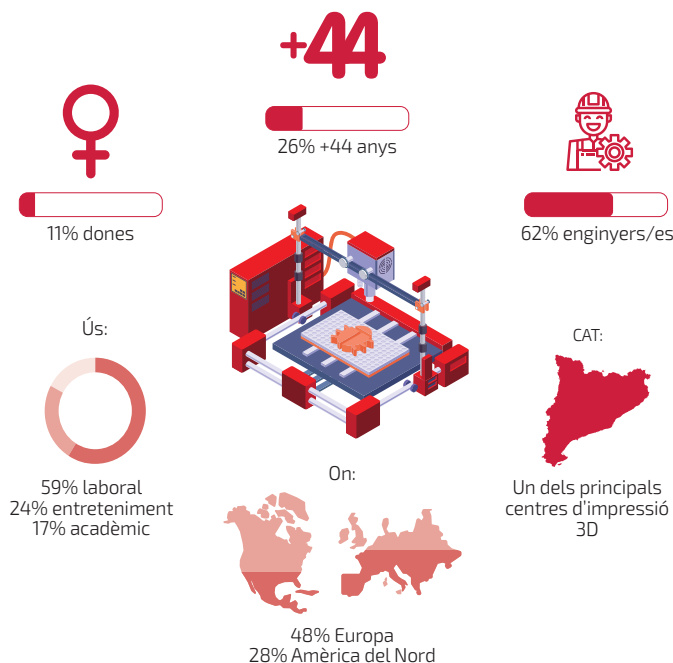
També destaquen les diferències d'edat: un 40% tenen entre 25-34 anys i tan sols un 26% més de 44 anys. Respecte a la formació, un 62% han estudiat alguna enginyeria, un 11% empresarials, un 8% ciències/matemàtiques, un 5% arts/humanitats i un 5% belles arts.

Segons aquest mateix estudi, els usos més habituals són laborals (59%), mentre que prop d'un quart ho fa com a entreteniment (24%) i la resta amb fins acadèmics (17%). La producció en 3D continua creixent, especialment en termes de recerca, I+D i educació.

En quant a la distribució geogràfica, les persones usuàries de 3D d'aquest estudi es concentren majoritàriament a Europa (48%) i Amèrica del Nord (28%). Malgrat que el desenvolupament de la impressió 3D està cada vegada més estès, es poden identificar regions on es concentra molta part de l'activitat (ACCIÓ, 2017b). Catalunya reivindica el seu espai entre els principals centres d'impressió 3D al món (amb entitats com CIM-UPC, Leitat, eurecat, Avinent, Renishaw, HP o Ricoh), juntament amb els Estats Units, el centre d'Europa i Japó (ACCIÓ, 2020).

En quant als principals països que inverteixen en impressió 3D, cal destacar els Estats Units, Japó, Alemanya, Anglaterra i Corea del Sud (ACCIÓ, 2017b). Si bé Amèrica del Nord i Europa lideren l'adopció de la impressió 3D, hi ha el risc que perdin aquest posicionament a la indústria global de la impressió 3D davant del ràpid creixement d'Àsia com a forta competidora (AMFG, 2020).

Figura 16. La distribució de la impressió 3D



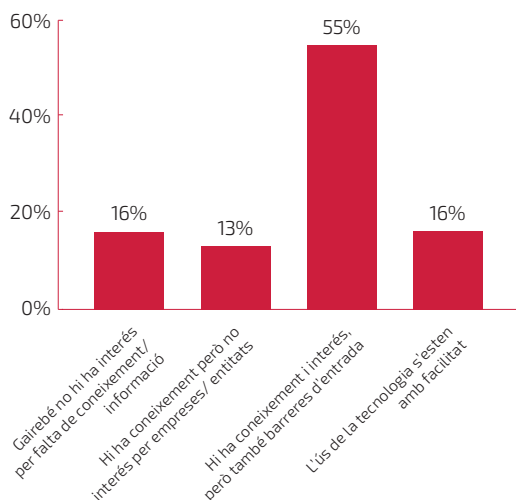
2.5. Penetració en la producció industrial

Després d'un període d'estancament de la impressió en 3D, actualment existeix una nova visió de les possibilitats en aplicacions comercials i industrials, amb grans companyies com General Electric i HP realitzant grans inversions (López, 2018). Hem passat, per tant, d'una tecnologia que pràcticament s'utilitzava exclusivament amb fins de prototipatge a que es plantegi com mètode de fabricació de productes finals en sectors tan exigents com l'aeronàutic, la indústria militar o la mèdica (OPTFAIN, 2016).

Com perceben els principals protagonistes el grau de maduresa del sector a l'àmbit industrial català? Més de la meitat de les empreses enquestades a aquest estudi consideren que hi ha coneixement i interès per part de les empreses i entitats, però encara existeixen barreres d'entrada. Des de les administracions públiques sens dubte es podrà col·laborar per

tal de reduir aquestes traves al desenvolupament del sector. La resta d'opcions de resposta, tal com mostra la següent gràfica, han obtingut un suport similar al voltant del 15%.

Figura 17. Percepció del grau de maduresa de la impressió 3D a l'àmbit industrial a Catalunya



Un aspecte a tenir en compte és el nivell de confiança. Les empreses emergents (startups) d'impressió 3D estan obtenint valoracions molt positives de la comunitat d'empreses de capital risc, mentre les empreses manufactureres de totes les grandàries estan vigilants a l'evolució tecnològica d'aquestes solucions i les integren als seus plans estratègics futurs (López, 2018).

Així, l'informe Report Wohlers 2020 destaca el creixement en el nombre d'aplicacions de fabricació additiva per la producció en massa, que moltes companyies ja han integrat completament al seu procés de fabricació implicant una despesa de 1'4 mil milions de dòlars a tot el món en la producció de peces impreses en 3D (3DNatives, 2020). Aquest informe destaca el gir important del mercat envers la producció en massa, amb més de 250 exemples de peces produïdes per fabricació additiva, com la impressió de turbines en 3D per part de Jabil, reduint dràsticament la quantitat de peces que les componen i produint 50 cops més ràpid (3DNatives, 2020).

El més recent informe Report Wohlers 2021 destaca l'impacte de la crisi sanitària al mercat de la impressió

3D, alentint el seu creixement però també provocant una bona visibilitat donada la seva flexibilitat (3DNatives, 2021).

El desenvolupament de les aplicacions industrials de la impressió 3D també està lligat a les possibilitats de treballar amb diferents materials de manera eficient. Actualment es fan servir una gran quantitat de materials amb la tecnologia d'impressió 3D a la indústria manufacturera, com ara metall, polímers, ceràmiques, compostos, materials intel·ligents i fins i tot materials especials (com menjar, pols lunar o teixits) (Shahrubudin et al., 2019). Per exemple, si la impressió 3D de metall aconsegueix ser més econòmica, eficient i escalable, les empreses de mineria i metall tindran força oportunitats per fer-la servir a les seves produccions i operacions, així com per vendre nous productes, com ara materials per destinar a la impressió 3D (World Economic Forum, 2016).

Figura 18. Impressió 3D a la producció industrial



2.6. Presència al món empresarial

A continuació analitzem la situació actual de la impressió 3D a l'economia, començant amb una perspectiva més global per anar cada cop apropant-nos al nostre context més proper.

En termes generals, identifiquem un fort creixement de l'ús d'aquesta tecnologia. El nombre de professionals que feien servir impressió 3D al 2019 s'havia triplicat als darrers tres anys, mentre que la tendència cap a la producció en massa queda reflectida amb l'estimació que el 40% de tota la impressió 3D de parts online al 2019 va estar destinada a la producció en sèrie (Hubs, 2020). Tanmateix, a partir del 2011 s'observa un creixement molt gran en el nombre de patents sol·licitades a escala global (ACCIÓ, 2017b).

Com a exemple de la creixent expectació, la principal fira anual sobre impressió 3D industrial, Formnext a Frankfurt (Alemanya), ha triplicat el nombre de visitants entre 2015 i 2018 (de prop de 9.000 a 27.000), mentre que el nombre d'expositors s'ha incrementat en un terç de 2017 a 2018 (EY, 2019).

Respecte a la confiança de les empreses en l'ús d'aquesta tecnologia, segons una enquesta realitzada a més de 1.300 persones usuàries d'impressores 3D arreu del món (Sculpteo, 2019), una gran majoria de companyies ha fet servir impressió 3D durant varis anys i fins i tot planegen invertir més als propers anys. Prop del 40% fan servir impressió 3D com la seva principal activitat a l'empresa i un 36% addicional la fan servir a molts departaments en un sentit significatiu o tenen un departament dedicat a la impressió 3D. A banda, un 25% han invertit més de 100.000 dòlars en impressió 3D al darrer any.

De fet, a la següent edició d'aquest estudi es confirma la tendència creixent en quant a la inversió empresarial en impressió 3D, igualant o superant les xifres anteriors. La majoria d'enquestats van incrementar les inversions al 2020, i gairebé un 60% consideren aquesta tecnologia com una de les seves fortaleces envers la competència (Sculpteo, 2020).

En una línia similar, segons altre estudi a partir d'entrevistes a 900 empreses (EY, 2019) (266 a Amèrica del Nord, 460 a Europa i 174 a Àsia), s'intensifica l'ús de la impressió 3D: el 65% de les empreses enquestades tenen experiència en fabricació additiva, front al 24% del 2016, destacant l'ús al sector aeroespacial. L'estudi destaca l'enorme creixement del nombre d'empreses que considera la impressió 3D com estratègicament important i tenen un pla clar per integrar-la al seu negoci (del 4% tres anys abans fins al 20% al 2019). Experiència i interès que, més enllà dels sectors més implicats amb aquesta tecnologia com l'aeroespacial, creix també en àmbits com la logística, el transport o la construcció.

Catalunya (i l'AMB en particular) representa un fort pol en relació al desenvolupament de noves tecnologies com la impressió 3D

Figura 19. Presència impressió 3D al món empresarial



Ara bé, respecte al total de l'entramat empresarial, la presència de la impressió 3D continua sent molt minoritària. A l'Estat espanyol, segons una enquesta de l'Institut Nacional de Estadística al primer trimestre de 2018 a empreses amb 10 o més treballadors/es¹, tan sols un 3'2% compten amb impressió 3D. D'aquestes, una ampla majoria (61'7%) van fer servir impressores 3D pròpies, mentre que un 53'6% varen recórrer a serveis d'impressió 3D d'altres empreses. Entre els usos d'aquestes empreses destaca el recurs a la impressió 3D per modelatge o prototipatge (com de fet mostren estudis a nivell mundial), així com també per ús intern, com mostra la següent figura.

Figura 20. Principals usos de la impressió 3D a les empreses espanyoles, 2018

Modelatge o prototipatge	Productes
D'ús intern: 73'9%	D'ús intern: 34'5%
De venda: 34'5%	De venda: 26'3%

Font: INE: Encuesta de uso de TIC y Comercio Electrónico (CE) en las empresas 2017-2018

Catalunya representa un fort pol en relació al desenvolupament de les noves tecnologies. Si ens fixem en el sector de les smart cities, el nombre d'empreses va créixer un 62% i el volum de facturació un 39% entre 2016 i 2019. El nombre d'empreses es situava llavors en 428, ocupant a 45.000 treballadors/es i facturant 9.700 milions d'euros (el 4% del PIB català). La majoria són PIMEs (el 90%) i el 35% són startups (Oficina de Comunicació, 2019a).

¹ Encuesta de uso de TIC y Comercio Electrónico (CE) en las empresas 2017-2018, Instituto Nacional de Estadística (INE).

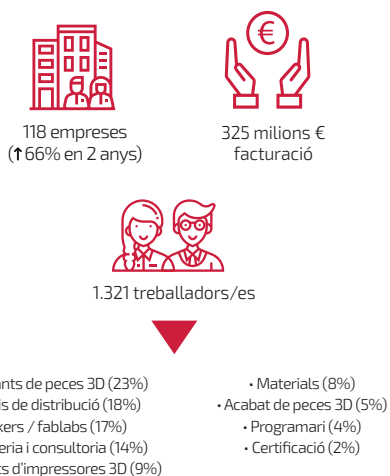
Figura 21. Smart cities a CAT

2019	2016-2019
428 empreses	↑62% empreses
45.000 treballadors/es	↑39% volum facturació
9.700 milions € facturació (4% PIB català)	

Però quin és el pes de la impressió 3D? Doncs, dins de la indústria 4.0 de Catalunya a 2019, les empreses dedicades a la impressió 3D representen el 19'5% del total, facturen un 18'5% del conjunt i ocupen a un 8'7% de treballadors/es (ACCIÓ, 2019a).

Específicament, al 2019 s'identifiquen 118 empreses a Catalunya dedicades a la impressió 3D, majoritàriament PIMEs (un 95'9%). Més d'un terç tenen menys de 10 anys de vida i també més d'un terç són exportadores (Oficina de Comunicació 2019b). Aquestes empreses facturen 325 milions d'euros vinculats directament a la impressió 3D i ocupen 1.321 treballadors/es (Oficina de Comunicació 2019a). La següent figura mostra a què es dediquen aquestes empreses:

Figura 22. Empreses d'impressió 3D a Catalunya

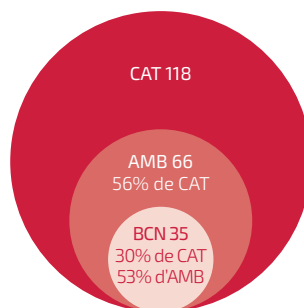


Font: Institut Cerdà, 2019

Si tenim en compte que al 2017 es comptabilitzaven 71 empreses dedicades a la impressió 3D a Catalunya (ACCIÓ, 2017b), veiem que en tan sols dos anys s'ha produït un creixement del 66% en el nombre d'empreses d'impressió 3D. Aquest fort creixement, encara que parteix de xifres petites, és una mostra del potencial i la vitalitat d'aquest sector.

L'Àrea Metropolitana de Barcelona al 2019 comptava amb 66 empreses dedicades a la impressió 3D, és a dir, un 56% del total de Catalunya. Més de la meitat (35 empreses) s'ubiquen a Barcelona (que representen les diferents baules de la cadena de valor del sector), 5 es troben tant a Sant Cugat (sobre tot fabricants d'impressores) com a Cerdanyola (al voltant del campus tecnològic de la UAB, de molt diverses tipologies), mentre que Castelldefels, Cornellà i Sant Andreu de la Barca compten amb tres empreses cada un (Institut Cerdà, 2019).

Figura 23. Empreses 3D (2019)



2.7. Impacte a l'ocupació

L'impacte de la impressió 3D en l'ocupació és encara moderat però indiscutible (Barcelona Activa, 2015). Compta amb una tendència creixent a l'AMB, on l'emprenedoria i l'autoocupació prenen cada cop més rellevància (Institut Cerdà, 2019), el que implica que les polítiques públiques en general i l'oferta formativa poden beneficiar a actors més enllà de les empreses ja establertes.

El desenvolupament de la impressió 3D es tradueix tant en la transformació de perfils professionals existents en diversos sectors, com en la creació de nous perfils professionals lligats al manteniment i el desenvolupament del potencial de la fabricació additiva, tant en l'ús industrial com semi-professional (Institut Cerdà, 2019).

Mitjançant un anàlisi de les ofertes de treball publicades a portals d'Internet, un estudi (Observatorio de las Ocupaciones, 2021) detecta aquesta aparició de professions emergents relacionades amb la digitalització i que previsiblement experimentaran un fort creixement als pròxims anys (malgrat el seu pes relatiu encara petit a la generació de treball). Entre altres, s'esmenta el disseny d'impressió 3D (disseny generatiu, optimització topològica o creació d'estructures reticulars o lattice), indicant que es tractaria d'ocupacions innovadores que requereixen uns coneixements molt especialitzats.

A altre estudi sobre innovació tecnològica (Laviña et al., 2019) s'identifica la fabricació en 3D com a llocs de treball emergents de tipus tècnic. En contra de la idea simplista que els llocs de treball creats per les grans tecnològiques seran d'alta qualificació, s'apunta una gran proporció serà també de baixa qualificació i baixa qualitat (com ara els exemples d'Amazon o els falsos autònoms).

Tanmateix, a aquest estudi es destaca que les noves professions vinculades amb la revolució digital no crearan treball únicament a les grans empreses tecnològiques, sinó, especialment, a les empreses usuàries de la tecnologia dels sectors tradicionals de l'economia (com ha vingut ocorrent, per exemple, amb la professió de community manager) i, amb el suport de les polítiques adequades, no sols a les grans empreses sinó també a les PIMEs. Per altra banda, s'apunta que la creació de llocs de treball no provindrà tant de professions emergents com de l'adaptació al canvi i el creixement gradual de feines ja existents (Laviña et al., 2019).

Les implicacions de cara a adequar l'oferta formativa en impressió 3D a les tendències del mercat laboral, per tant, suggereixen no centrar-se únicament en un àmbit sinó intentar cobrir tot l'espectre del procés productiu. S'han de tenir en compte tant els perfils emergents com les necessitats d'adaptació d'empreses i feines existents a aquesta tecnologia. De la mateixa manera, s'ha de adequar l'oferta formativa a les dinàmiques d'un espectre ample d'entitats: empreses grans, PIMEs i emprenedors/es. A l'apartat 3 aprofundirem en aquestes qüestions.

2.8. Institucions i esdeveniments

Com hem vist, Catalunya i en particular l'AMB constitueixen zones molt competitives en relació a l'impuls i desenvolupament de la impressió 3D. A continuació ens fixem en alguns exemples paradigmàtics d'aquest lideratge.

La 3DFactory Incubator és la primera incubadora europea d'alta tecnologia en 3D, impulsada pel Consorci de la Zona Franca de Barcelona i Leitat (ACCIÓ, 2019a). El seu objectiu és incubar les millors 100 iniciatives de startups, PIMEs o micro-empreses vinculades amb la impressió 3D en 5 anys. Els dos primers anys ja havia incubat 55 projectes.

Repetint protagonistes, amb una inversió canalitzada pel Consorci de la Zona Franca de Barcelona i amb l'assistència tecnològica de la Fundació Leitat, actualment el DFactory s'erigeix com el major centre d'innovació industrial 4.0 del sud d'Europa (El País, 2021). Aquest centre, que previsiblement obrirà les portes aquesta tardor, té com a objectiu promoure la atracció de talent, tecnologia i inversions en un espai capaç d'aglutinar les companyies més innovadores amb els projectes més punters relacionats amb diferents àmbits tecnològics, entre els quals hi trobem la impressió 3D. Es preveu que aquest projecte generi 1.500 llocs de treball directes i fins a 5.000 indirectes (El País, 2021).

A Sant Cugat del Vallès, la multinacional HP va apostar per obrir un parc tecnològic d'innovació en impressió 3D, un dels centres de referència mundials d'investigació en aquest àmbit i el més gran d'I+D fora dels Estats Units (ACCIÓ, 2019a).

“ El desenvolupament de la impressió 3D es tradueix tant en la transformació de perfils professionals existents en diversos sectors, com en la creació de nous perfils lligats al seu potencial

En relació a les economies més col·laboratives i amb més atenció sobre l'impacte social, Barcelona es reconeix com un referent en el moviment maker global, tant per iniciatives ciutadanes amb una gran diversitat de tallers de fabricació digital i espais d'innovació, com per la xarxa pública d'ateneus de fabricació (Ajuntament de Barcelona, 2019a).

Al marc de les iniciatives públiques, els ateneus de fabricació digital són un servei públic que divulga la

tecnologia i la ciència de la fabricació digital, incloent la impressió 3D. La Xarxa d'Ateneus de Fabricació de Barcelona aglutina cinc ateneus i ofereix els espais de referència a Barcelona en divulgació, formació i creació vinculades a les tecnologies de fabricació digital, al servei de la ciutadania, la comunitat educativa i el món empresarial, associatiu i comunitari. L'ateneu del Parc Tecnològic de Nou Barris està especialitzat en emprenedoria i empresa, el de la Fàbrica del Sol en el reciclatge i al reutilització, el de Gràcia en l'artesania i el món tèxtil, el de Les Corts en projectes i idees amb un benefici col·lectiu, mentre que el de Ciutat Meridiana representa un paper molt important per fomentar l'ocupabilitat, impulsar la professionalització digital amb plans d'ocupació i fomentar les vocacions tecnològiques (Ajuntament de Barcelona, 2019b).

El dinamisme del que gaudeix el sector de la impressió 3D queda reflectit amb una important sèrie d'esdeveniments que s'organitzen per aglutinar expositors, reunions, seminaris, conferències, així com establir contactes, sinèrgies i oportunitats de negoci. La següent figura mostra alguns dels esdeveniments relacionats amb la impressió 3D del nostre context geogràfic.

Figura 24. Esdeveniments vinculats a la impressió 3D

Esdeveniment	Ciutat	Pròxima data	Web
INDUSTRY FROM NEEDS TO SOLUTIONS	Barcelona	14-17 setembre 2021	http://www.industry.website/ca/
 ADVANCED FACTORIES EXPO & CONGRESS	Barcelona	29-31 març 2022	https://www.advancedfactories.com/ca/
Maker Faire Barcelona	Barcelona	—	https://barcelona.makerfaire.com/ca/inici/
31 BIEMH YOU MAKE IT BIG AGAIN Bienal Internacional de Máquina-Herramienta	Bilbao	13-17 juny 2022	https://biemh.bilbaoexhibitioncentre.com/
ADDIT3D	Bilbao	26-28 octubre 2021	https://addit3d.bilbaoexhibitioncentre.com/
AM advanced manufacturing madrid21 The future of advanced materials and manufacturing technologies	Madrid	17-18 novembre 2021	https://www.metalmadrid.com/es/
formnext	Frankfurt am Main	16-19 novembre 2021	https://formnext.mesago.com/frankfurt/en.html
 HANNOVER MESSE	Hannover	25-29 abril 2022	https://www.hannovermesse.de/en/

2.9. Tendències de futur

En aquest apartat en aquells elements que s'apunten com a actuals o possibles tendències de futur dins el sector de la impressió 3D. Entre els avantatges que ofereix aquesta tecnologia esmentats a l'apartat 2.2. ja s'entreveuen clares tendències, com per exemple l'adaptació de la producció a les preferències individuals (customization). Tenir en compte aquestes dinàmiques és important per tal de dissenyar una oferta formativa que sigui capaç d'adaptar-se a una tecnologia en canvi constant.

Tal com mostra un estudi basat en les opinions i reaccions compartides en milions de notícies, blogs, fòrums i publicacions a xarxes socials (Appinions, 2014), ja al 2014 la impressió 3D representava un mercat que evolucionava ràpidament. Els darrers anuncis de nous productes, noves incorporacions al mercat i innovacions generaven una fluida atenció i influència. Destaca l'atenció focalitzada en qualsevol empresa tradicional que comença a parlar sobre impressió 3D, així com les companyies dedicades a la venda d'impressores 3D.

Actualment, el mercat de la impressió 3D continua creixent a velocitat rècord, mentre els analistes experts consideren que, degut al creixement sostingut de la seva adopció, aquest mercat continuarà doblant la seva grandària aproximadament cada tres anys (si bé alguns factors interns i externs podrien alentir aquest creixement) (Hubs, 2020).

En aquesta línia, a les entrevistes d'aquest estudi diverses persones expertes han apuntat que si bé el volum de la impressió 3D encara no és molt gran, la varietat és immensa i l'evolució apunta cap a una obertura a molts altres sectors. Es remarca molt la seva aplicabilitat a tota mena de sectors, fins i tot comparant una impressora 3D amb una impressora de paper, que serveix per tothom. Específicament, s'assenyalen els impactes al sector sanitari com els més potents o impressionants, per exemple la tendència a la impressió d'òrgans o estructures de suport. S'arriba a afirmar que en un futur als hospitals hi haurà tant un cirurgià/ana com una impressora 3D.



2.9.1. Impressores

Les empreses i entitats dedicades a produir impressores 3D, així com les startups més innovadores, dediquen grans esforços en crear màquines més ràpides, barates i intel·ligents, amb tecnologies i materials que evolucionen ràpidament (EY, 2019). Segons una enquesta a més de 1.600 persones usuàries d'impressores 3D,

la tendència identificada apunta a una millora d'usabilitat de software i impressores, augment de la velocitat d'impressió i escaneig, així com una baixada de costos de les impressores (Sculpteo, 2020).

A les entrevistes del present estudi es remarca l'augment de la eficiència, amb la fabricació de màquines de menor grandària i amb major capacitat de producció. Aquestes innovacions, al generar fiables i sofisticades impressores que produeixen ràpida, senzilla i cada cop menys costosament, provoca que aquesta tecnologia sigui atractiva per una molt més ampla població de potencials compradors i inversors (EY, 2019).

Tanmateix, les impressores en format gran estan creixent, permetent la impressió de prototips o peces grans en una única operació (AMFG, 2020). Per tant, les implicacions d'aquestes millores constants en les pròpies impressores 3D obren moltes possibilitats de cara al mercat, incloent la producció industrial.



2.9.2. Software

En una línia similar, els desenvolupaments actuals de software estan obrint la possibilitat de crear dissenys complexos més ràpidament i incrementar els ratys d'èxit de les impressions, així com de garantir una major qualitat de les peces i gestionar els fluxos de treball més eficientment (AMFG, 2020). Tenint en compte que un dels reptes de la impressió 3D és augmentar l'automatització del procés (Barcelona Activa, 2015), aquests desenvolupaments poden ser fonamentals.



2.9.3. Post-processament

També en relació a la post-processament diverses companyies estan desenvolupant processos automatitzats per reduir el temps i cost (AMFG, 2020). De fet, segons l'enquesta d'Sculpteo (2020), s'identifica com a tendència la reducció de costos de post-processament, a més de l'increment de les tecnologies de post-processament.



2.9.4. Cadena de subministrament

La impressió 3D pot comportar una reducció de la complexitat en la cadena de subministrament. A diferència d'altres mètodes tradicionals, que necessiten produir diferents components que posteriorment s'adhereixen, amb la impressió 3D és possible produir-ho com una única unitat, inclús amb geometries molt complexes (AMFG, 2019).

En relació a les noves demandes d'eficiència i industrialització local, aquesta tecnologia implica processos de fabricació que es poden realitzar molt més a prop del consumidor final, obrint la porta a una indústria que treballi en menors quantitats de productes finalitzats i amb un major arrelament a les economies locals, amb distàncies de distribució i despeses de magatzematge molt menors (OPTFAIN, 2016).

Una expansió global de la impressió 3D implicaria un desplaçament dels fluxos de comerç físic dels bens finals a materials d'input o crús per imprimir en 3D, una reducció del comerç de productes intermedis al produir-se directament els bens finals, així com un increment en les transmissions electròniques transfrontereres (World Economic Forum, 2020b).

Respecte als recanvis, la impressió 3D planteja un nou escenari en el qual seria possible crear in-situ les peces necessàries a partir d'un catàleg digitalitzat i de tallers amb la tecnologia necessària. D'aquesta manera desapareixerien el magatzematge de peces, els cost del transport i es permetria un suport més prolongat als productes (OPTFAIN, 2016).



2.9.5. Materials

El desenvolupament de nous materials en resposta l'increment de les aplicacions finals de la impressió 3D comportarà una expansió dels proveïdors de materials (EY, 2019). De fet, s'estima que el mercat global presenciarà un creixement exponencial al període 2020-2027 a partir d'una elevada adopció de materials impresos en 3D per diverses indústries com l'automobilística, aeroespacial/defensa i sanitat (Fortune, 2021).

Aquesta creixent importància de nous materials queda patent amb l'actual desenvolupament de compostos, metalls o ceràmiques d'alt rendiment per part de grans companyies de materials o startups, així com tecnologies d'impressió (AMFG, 2020).

Per exemple, la impressió en 4 dimensions o bioimpressió 4D agrega la dimensió de la transformació en el temps, amb objectes produïts amb un material de tipus programable que reacciona amb paràmetres de l'entorn (humitat, temperatura, etc.) i canvia la seva forma a partir d'aquests (López, 2018). Algunes de les seves aplicacions apunten cap a la medicina i cirurgia (amb peces que s'adaptin al pacient), la roba i el calçat (que s'adaptin al moviment, l'impacte, la temperatura o la pressió atmosfèrica) o l'aeronàutica i automoció (amb coixins de seguretat intel·ligents o altres proteccions) (ACCIÓ, 2019b).

Segons l'enquesta d'Sculpteo (2020), les tendències relatives als materials apunten a l'aparició de nous i més assequibles, la millora de la qualitat i la consistència de la impressió, així com el desenvolupament de la impressió multi-material. Tanmateix, a les entrevistes realitzades en el nostre estudi es destaca la recerca i experimentació amb nous materials, per exemple amb les tècniques per fabricar peces metàl·liques o la combinació entre biologia, disseny i enginyeria. També es comenta que el desenvolupament dels materials i l'adopció de nous serà determinant per potenciar la producció de diferents productes, sense perdre de vista la qüestió de les certificacions i el compliment dels diferents requeriments oficials. Així, a mesura que augmentin les capacitats dels materials, imprimir en 3D serà cada cop més barat i més comú.



2.9.6. Sostenibilitat

La impressió 3D ofereix possibilitats per una producció més respectuosa amb el medi, com hem vist a l'apartat 2.2 per exemple amb les possibilitats de fer servir materials sostenibles, reduir les quantitats necessàries i reciclar. A més, front al model de l'obsolescència programada, la impressió 3D i la seva capacitat per produir recanvis podria sumar esforços pel canvi cap a una economia del manteniment que produeixi productes d'elevada qualitat i durables, amb processos de manteniment, modernització, desmunt, reciclatge i reutilització (Digital Future Society, 2021).

En aquesta línia, tant a l'enquesta d'Sculpteo (2020) com a les entrevistes d'aquest estudi es perceben les tendències cap a l'ús de materials biològics i biodegradables, la producció local i a demanda i la impressió 3D per energies renovables i eficiència energètica.



2.9.7. Models de negoci

La combinació de les noves tecnologies, entre les quals es troba la impressió 3D, tenen el potencial de transformar indústries com la de la construcció (World Economic Forum, 2017).

La impressió 3D també ofereix la possibilitat de crear nous models de negoci que fins ara no eren factibles o econòmicament viables (AMFG, 2020), donat que les empreses busquen generar i recolzar noves vies d'ingressos (EY, 2019). Cal per tant prestar força atenció des de les administracions a l'evolució d'aquest sector amb l'objectiu d'identificar els nous nínxols de mercat i oferir el suport i la formació necessària per cobrir-los.

A mode d'exemple, Manufacturing as a Service (MaaS) és un model basat en compartir la infraestructura de fabricació amb un model en xarxa per generar una producció més eficient. D'aquesta manera, un client pot fer una comanda que, basada en la disponibilitat de materials, força de treball, etc., serà realitzada pel node més idoni de la xarxa. La tecnologia de producció digitalitzada i la flexibilitat de la impressió 3D podria encaixar a la perfecció en aquest model, com demostraria Xometry, la companyia estatunidenca líder al model MaaS (AMFG, 2019).

Altre exemple, recurrent tant a les entrevistes realitzades en aquest estudi com a la revisió bibliogràfica sobre aquest sector, és la producció de productes personalitzats, que de fet ja és una realitat. Al tractar-se de productes ideats en disseny paramètric, es permet una total personalització o customització amb una fabricació a mida.



2.9.8. Legalitat

El desenvolupament de la impressió 3D pot generar problemàtiques legals relacionades amb la propietat industrial i intel·lectual, a més a més tenint en compte que la velocitat de les innovacions sovint és molt superior a la de les adaptacions legislatives. En aquesta línia, trobem la recomanació que els agents implicats en la producció amb impressió 3D prenguin les mesures necessàries per tal de garantir l'autoria o l'ús legítim de la informació digital (Santos i García, 2019).

També poden sorgir qüestions legals específiques de cada sector, com per exemple les regulacions sobre construcció que no al no estar actualitzades poden representar una barrera per l'ús de la impressió 3D en la construcció (World Economic Forum, 2017).

Figura 25. Tendències de la impressió 3D



2.10. Limitacions

Totes aquestes tendències pressuposen una continuïtat o fins i tot enfortiment del creixement de l'ús de la impressió 3D. Ara bé, el futur del sector també enfronta una sèrie de limitacions que és important considerar.

Un dels factors limitadors més important de l'expansió de la impressió 3D és l'elevat cost inicial, tenint en compte que es tracta d'una tecnologia que requereix hardware, software, materials i altres (Fortune, 2021). També el cost al propi procés productiu, donat que l'energia necessària pels processos d'impressió 3D pot requerir fins a 50 o 100 cops més electricitat que les màquines d'emmotllament per injecció tradicionals (ReportLinker, 2020). Així, segons un estudi, el 90% d'empreses enquestades apunten als elevats preus, inversions i materials com un obstacle clau per introduir i expandir l'ús d'aquesta tecnologia (EY, 2019).

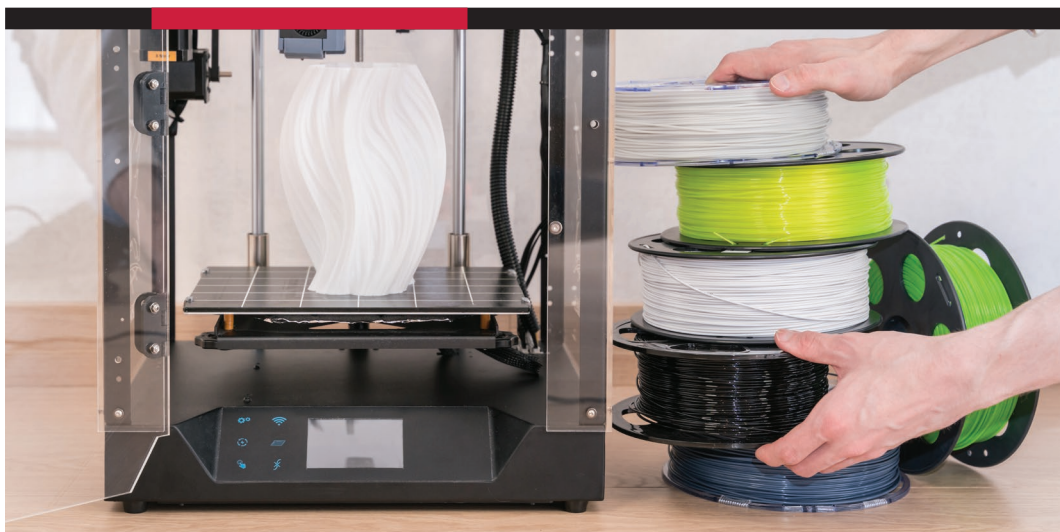
Altre impediment important és la falta de coneixement sobre el disseny per la impressió 3D i els processos de producció, que requereix de formació pels enginyers/es de la plantilla (EY, 2019). En aquest sentit, les empreses a la indústria de la construcció mostren dubtes sobre com implementar aquesta tecnologia dins la seva estratègia organitzativa (World Economic Forum, 2017). També cal esmentar les limitacions tecnològiques, destacant la velocitat i la seva relació inversa amb la qualitat del producte (EY, 2019).

En quant als aspectes formals, molts experts/es qüestionen que el marc legislatiu actual estigui prepa-

rat per fer front als reptes que es deriven de la impressió 3D. Per una banda, la naturalesa dels arxius 3D no està definida de manera unívoca i no queda clar fins a quin punt afecten els actuals instruments que protegeixen les noves creacions (com les patents), mentre que per l'altra banda, en cas de fallada o de danys, no hi ha un procediment clar per garantir la traçabilitat i identificar el responsable de la seva reparació entre els múltiples actors implicats en la cadena de valor (Institut Cerdà, 2019).

Cal esperar, però, que els desenvolupaments de la tecnologia i moltes de les tendències apuntades als apartats anteriors serviran per fer front a aquestes limitacions i garantir la continuïtat de l'extensió d'aquest sector.

Figura 26. Limitacions per l'expansió de la impressió 3D



3 ENCAIX ENTRE L'OFERTA FORMATIVA I LES NECESSITATS DEL SECTOR

Un cop analitzada la situació actual de les tecnologies de la impressió 3D i les seves tendències i implicacions, centrem l'atenció en les necessitats formatives i de suport de les empreses, així com quina podria ser una oferta formativa que respongui a aquestes demandes. Per tant, indaguem en les competències i perfils professionals que són o poden ser més demandats actualment i en futur, així com les previsions de contractació.

3.1. Necessitats formatives i de suport

A l'hora de adaptar l'activitat empresarial a les tecnologies d'impressió 3D, més enllà de la necessitat de contractar personal amb nous perfils professionals (com veurem més endavant), hi ha una sèrie d'accions que es poden dur a terme. Les empreses poden fomentar la formació de les seves pròpies plantilles, tornar a capacitar-les o oferir cursos curts en impressió 3D (World Economic Forum, 2020a).

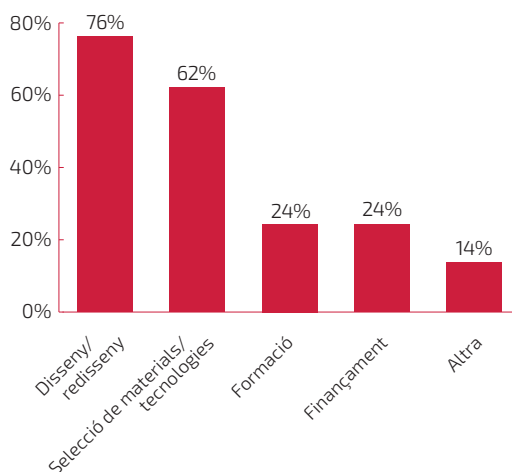
De fet, la necessitat de transformació dels departaments de formació i recursos humans a aquestes empreses es farà cada cop més patent, a mesura que la formació continua de la plantilla i els processos de reclutament de nou personal constitueixin un element fonamental per garantir la competitivitat de l'organització (Laviña et al., 2019).

Donat que les habilitats necessàries per exercir l'activitat en aquest sector es modificaran molt ràpidament i de forma continuada, serà necessari un procés de formació continua, no només per respondre a necessitats existents sinó també per anticipar habilitats que s'estimin necessàries en un futur (Laviña et al., 2019).

Com a punt de partida, és fonamental conèixer quines són les principals demandes de les empreses del sector. Respecte a quin tipus d'assessorament o acompanyament consideren d'interès, la majoria de les empreses enquestades en aquest estudi es refereixen al disseny/redisseny (76%) i a la selecció de materials i tecnologies (62%). Tan sols una de cada quatre han indicat formació en sentit genèric o finançament.

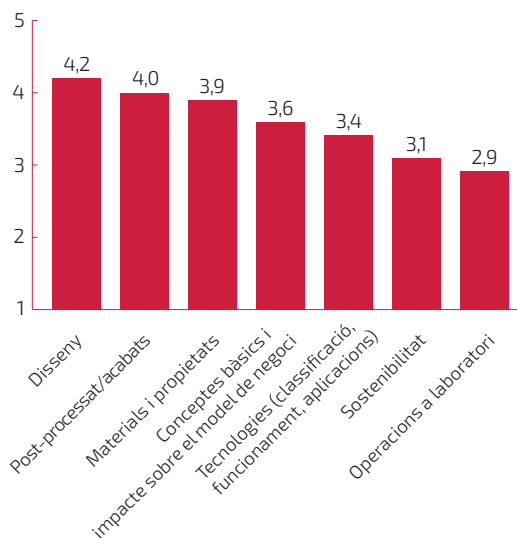
En quant a l'interès que generarien continguts formatius específics, les puntuacions més elevades (al voltant

Figura 27. Tipus d'assessorament o acompanyament considerat d'interès per l'empresa



de 4 sobre 5) corresponen amb disseny, post-processament / acabats, així com materials i les seves propietats. A continuació, en ordre d'importància, apareixen esmentats els conceptes bàsics i l'impacte sobre el model de negoci, les tecnologies i la sostenibilitat. No arriba al aprovat l'interès vinculat a la formació en operacions de laboratori, potser degut a que les empreses enquestades ja compten amb aquesta infraestructura i experiència (és a dir, en cas de voler impulsar aquestes tecnologies en empreses no vinculades actualment al sector de la impressió 3D, probablement aquest interès seria molt superior).

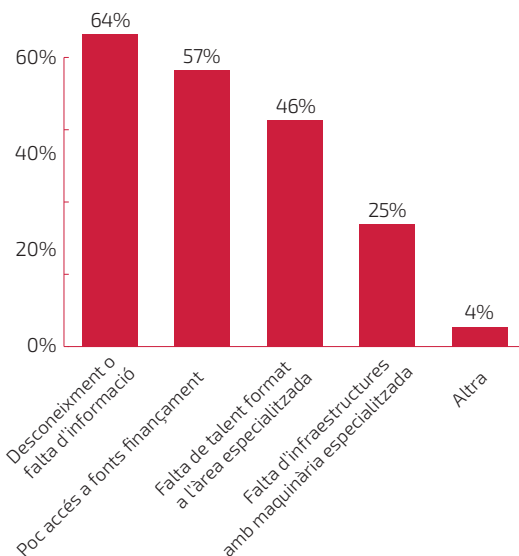
Figura 28. Interès que generarien continguts formatius segons àmbit (de 1-gens a 5-molt)



Conèixer les dificultats que han afrontat les empreses a l'hora d'implantar una nova tecnologia també serveix com a indicador de les necessitats del sector. En aquest sentit, més de dos terços de les empreses enquestades han hagut de fer front al desconeixement o la falta d'informació. Una majoria també esmenta poc accés a fonts de finançament, mentre que prop de la meitat apunten a la falta de talent format a l'àrea especialitzada. Finalment, una de cada quatre ha tingut problemes per falta d'infraestructura amb maquinària especialitzada. Conseqüentment, les administracions públiques podrien col·laborar en reduir aquestes dificultats de cara al desenvolupament de noves tecnologies i l'entrada de més empreses al sector facilitant informació, finançament, una formació constantment adaptada als canvis i accés a infraestructures i maquinària.

Entre les competències claus en impressió 3D s'identifiquen les eines per dissenyar i imprimir, els materials i el procés, així com la flexibilitat i l'adaptabilitat

Figura 29. Dificultats trobades a l'hora d'implantar una nova tecnologia



3.2. Competències professionals necessàries

Segons un estudi de l'Institut Cerdà (2019), el grau de coneixement i el nivell d'especialització requerit al camp de la impressió 3D serà relatiu. Les persones professionals que treballin en la creació de la tecnologia hauran de tenir coneixements profunds, comptant generalment amb educació universitària científica/tècnica complementada amb màsters i fins i tot doctorats. En canvi, en quant a les persones que facin ús de la tecnologia al seu lloc de treball, les seves competències no hauran de ser necessàriament tan especialitzades i hi haurà així més varietat en la formació requerida, que inclourà nivells universitaris i FP. En aquest sentit, en termes generals, es remarca que, a banda de la importància d'una formació científica/tècnica, destaquen les habilitats en disseny i la capacitat d'utilitzar programari avançat vinculat a la impressió 3D.

Entre les competències claus en impressió 3D s'identifiquen els programes o eines necessàries per a dissenyar i imprimir en 3D, els materials (coneixement de les característiques i compatibilitats d'aquests per obtenir els acabats desitjats) i el procés (per decidir la idoneïtat de la tecnologia per conèixer la seva tolerància i els acabats necessaris) (Institut Cerdà, 2019). Donada la gran velocitat d'avanç tecnològic i canvi a l'àmbit digital, la flexibilitat i l'adaptabilitat seran potser les competències més importants (Barcelona Activa, 2015).



També es subratlla que les persones que treballen en organitzacions de suport hauran de comptar amb formació variada, com ara mestres i professors, experts en gestió i desenvolupament de negocis, professionals del sector de la logística i altres amb FP en mecànica, electrònica o administració. Aquests coneixements hauran de ser més tècnics en cas de treballar amb relació directa amb la tecnologia, en contrast amb aquelles funcions més genèriques on no seran tan necessaris (Institut Cerdà, 2019).

Als darrers informes sobre el mercat laboral estatal, l'Observatorio de las Ocupaciones (2020, 2021) del Ministerio de Economía y Trabajo Social identifica coneixements i competències específiques sobre impressió 3D vinculades a diferents titulacions formatives:

- Modelat en 3D a Edificació i Obres Públiques, així com per activitats de construcció especialitzada, construcció d'edificis, serveis tècnics, arquitectura i enginyeria, tècnics de suport.

- Prototipat 3D a Informàtica i Comunicacions
- A Química cal una major adaptació a les tecnologies de la indústria 4.0, per exemple amb coneixements en programari per modelat 3D
- A Fabricació mecànica (enginyeria industrial i de la producció, enginyeria mecànica, ajustadors i operadors de màquines-eines, fabricació d'eines, mecànics-ajustadors, matricers i similars) cal formació en aspectes essencials de la impressió 3D, destacant la programació de màquines amb tecnologies 3D, el maneig de programes i paquets específics, així com el disseny 3D.
- Cal adaptar a la impressió 3D la robòtica i automatismes, neumàtica i hidràulica, matriceria, mecatrònica i metrologia.
- Es considera essencial el software de disseny 3D com a necessitat formativa detectada en competències transversals.

Per altra banda, a partir de l'estudi qualitatiu desenvolupat en aquest estudi mitjançant entrevistes s'han detectat una gran quantitat de competències necessàries per fer front a les demandes del sector. S'apunta que aquestes competències dependran dels diversos perfils professionals implicats, així com dels requeriments de la màquina d'impressió 3D i del material implicat.

Les competències en disseny i els programes existents són força recurrents, remarcant que l'impacte de la impressió 3D sobre els perfils professionals radica especialment en aquesta capacitat de dissenyar en 3D. De fet, es descriu un/a professional natiu en la fabricació 3D com aquella persona amb un coneixement sobre, per una banda, disseny 3D i, per l'altra banda, maquinària i eines 3D. Es fa referència al disseny generatiu, paramètric, el modelat en 3D i la capacitat de realitzar moltes variacions en aquest nivell fins aconseguir el producte final desitjat ben acabat, amb un nivell elevat de competències. També s'apunten competències en l'àmbit de l'escaneig.

També hi ha moltes referències a la importància de les competències en relació als materials, des del coneixement de la varietat existent i les seves propietats i l'elecció del material segons els objectius de fabricació, fins al maneig i ús de diferents materials. Es comenta que també són necessàries competències expertes en enginyeria de materials, per exemple per barrejar materials i crear noves aliatges. En quant a la part de certificació, es requereixen competències en temes de càlcul, coneixements mecànics per tal de comprovar si el material garantirà o no els requisits. Més específicament, s'apunta al mecanitzat i la programació de la producció en metalls i plàstics.

Es comenta la importància de comptar amb un coneixement sobre les tecnologies i la pròpia impressora 3D, els diferents tipus, característiques, la seva construcció, el seu funcionament, el preparat de la màquina (calibrar-la, configurar-la i programar-la per la seva automatització), el manipulats durant el procés (com la incorporació del material necessari i la seva manipulació durant les diferents fases del procés de fabricació), el manteniment o fins i tot la comunicació entre impressores i el treball en xarxes. Es remarquen també les competències en relació a l'ús de la tecnologia adequada i la capacitat de diagnosticar els orígens de possibles errors. El nivell de competències requerit dependrà del tipus de màquina implicada. Respecte a la comercialització, s'identifiquen competències vinculades a convèncer al client sobre la viabilitat

de la impressió 3D i portar aquestes tecnologies a noves empreses, així com la gestió de xarxes socials i la detecció de necessitats del mercat.

Com a competències o qualitats més transversals, es comenta la importància de qualitats com la motivació i la creativitat al tractar-se d'un sector en constant evolució, així com la disciplina i persistència o la capacitat per resoldre problemes. A l'àmbit mèdic, es remarca aquesta necessitat de comptar amb perfils que requereixin de molt agilitat, adaptació al canvi, comunicació i interdepartamentals. Al cas de les empreses petites es remarca que al comptar amb poc personal es busca la polivalència i autonomia dels seus treballadors/es, si bé s'espera que a mesura que vagin creixent i augmentant la fabricació i el processos aniran demandant perfils més diversos.

Figura 30. Principals demandes de competències professionals detectades



Diferents nivells d'especialització depenent de:

- Lloc de treball
- Impressora i materials implicats



Disseny

- Programes
- Escaneig
- Redisseny



Materials

- Característiques
- Compatibilitats
- Maneig
- Certificació



Procés

- Adequació tecnologia
- Funcionament maquinària
- Acabats
- Diagnòstic d'errors



Transversals

- Flexibilitat
- Adaptabilitat
- Creativitat
- Polivalència

3.3. Demanda de perfils professionals

A continuació ens centrem més específicament en de quina manera es podria adequar l'oferta formativa a les necessitats de perfils professionals del sector. D'aquesta manera, analitzem, en primer lloc analitzem quins són els perfils professionals més demandats i el grau de dificultat de cobertura, així com la previsió de necessitats a mitjà i llarg termini. Al següent apartat ens centrem en aquells perfils professionals emergents associats a les noves tecnologies i tendències del sector.

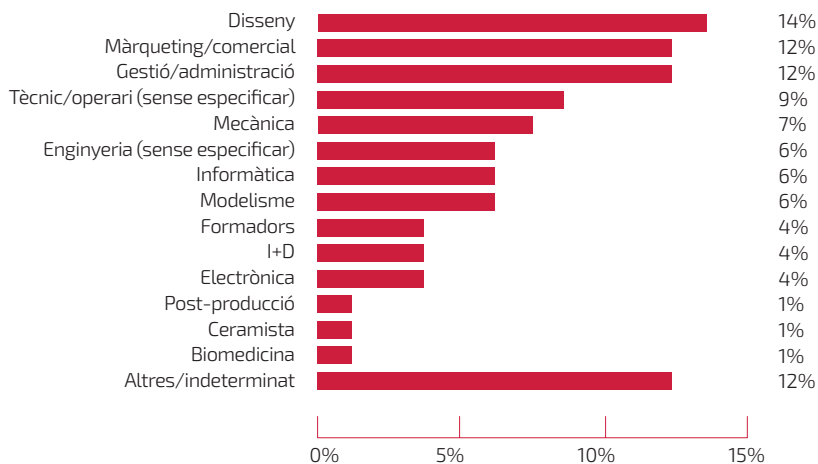
Respecte al punt de sortida, l'experiència formativa de les persones professionals que treballen en el sector de la impressió 3D és principalment industrial o enginyeria, amb un alt grau d'experiència i especialització. Segons un anàlisi de les dades obtingudes de LinkedIn (I-AMdigital, 2019), un 47% dels professionals que treballen al sector de la impressió 3D a l'Estat espanyol es dediquen a I+D i enginyeria, un 19% a vendes i màrqueting, un 13% a disseny, un 10% a software, un 6% a gestió del producte, un 3% a serveis i el 2% restant a consultoria. En quant a la seva formació, un 38% compta amb titulacions de màr-

queting i empresarials, un 17% informàtica i ciències de la informació, un 11% enginyeria mecànica, un 9% respectivament disseny industrial/producte, enginyeria industrial i química, així com enginyeria en automatització.

En quant als perfils professionals incorporats amb més freqüència a les empreses enquestades al nostre estudi, gairebé la meitat dels esmentats (un 47% del total) estan vinculats al disseny, el màrqueting/comercial, gestió/administració i a un perfil tècnic/operari sense especificar. Altre 25% del conjunt de perfils identificats està relacionat amb la mecànica, enginyeria (sense especificar), informàtica i modelisme. Veiem per tant que es tracta d'un sector que demanda perfils professionals molt diversos, vinculats a tot el procés de la cadena de valor.

Respecte al nivell formatiu, de les 33 respostes que han especificat si es tracta d'un perfil de tècnic/operari o d'enginyeria, la meitat han estat de cada tipus (16 tècnic i 17 enginyeria). Novament, ens trobem davant un sector que diversifica fortament les seves necessitats de ma d'obra, contractant tant a personal amb formació mitja com superior.

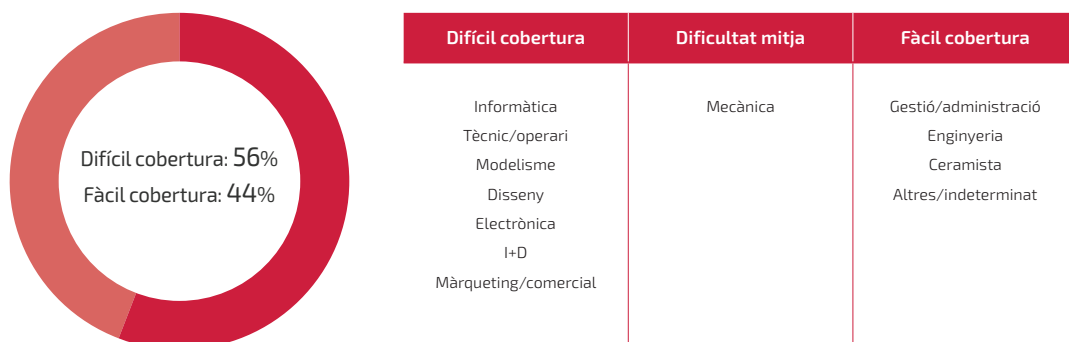
Figura 31. Perfils professionals incorporats amb més freqüència a l'empresa



I com de difícil és per les empreses cobrir els perfils professionals anteriors? Doncs una mica més de la meitat serien de difícil cobertura, evidenciant la falta d'adequació de l'oferta formativa al sector de la impressió 3D.

Si ens fixem en els perfils professionals específics, la figura següent mostra que la gran majoria compta amb dificultats a l'hora de trobar ma d'obra adient, suggerint que no es tracta d'un problema puntual d'un perfil determinat sinó d'una situació més global que requereix una intervenció més integral i transversal en relació a la formació en impressió 3D.

Figura 32. Dificultat per cobrir perfils anteriors



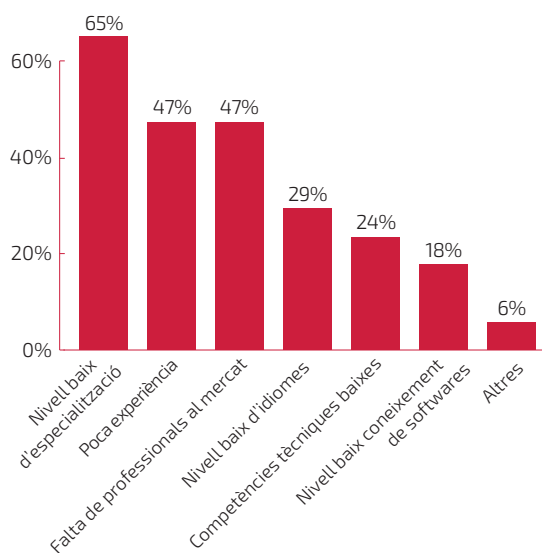
Aquestes carències formatives en relació a la impressió 3D queden patents quan preguntem a les empreses pels motius que dificulten trobar candidatures al sector. Les raons més esmentades són el baix nivell d'especialització (65%), la falta d'experiència (47%) i la falta de professionals al mercat en relació a la demanda (47%). Per altra banda, menys d'un terç de les empreses han fet referència a un nivell baix d'idiomes, competències tècniques o nivells baix de coneixement de softwares bàsics pel lloc de treball.

L'ampliació de l'oferta formativa, per exemple incorporant als diferents cicles formatius d'FP implicats especialitzacions en impressió 3D i una vessant pràctica amb la modalitat dual, podria contribuir dràsticament a reduir aquestes problemàtiques a l'hora de trobar personal per contractar.

I com de difícil és per les empreses cobrir els perfils professionals anteriors? Doncs una mica més de la meitat serien de difícil cobertura, evidenciant la falta d'adequació de l'oferta formativa al sector de la impressió 3D.

Si ens fixem en els perfils professionals específics, la figura següent mostra que la gran majoria compta amb dificultats a l'hora de trobar mà d'obra adient, suggerint que no es tracta d'un problema puntual d'un perfil deter-

Figura 33. Motius més habituals que dificulten trobar candidatures



“ L'ampliació de l'oferta formativa (cicles formatius especialitzats, FP Dual...) contribuiria dràsticament a reduir les problemàtiques per trobar mà d'obra especialitzada

minat sinó d'una situació més global que requereix una intervenció més integral i transversal en relació a la formació en impressió 3D.

Aquestes carències formatives en relació a la impressió 3D queden patents quan preguntem a les empreses pels motius que dificulten trobar candidatures al sector. Les raons més esmentades són el baix nivell d'especialització (65%), la falta d'experiència (47%) i la falta de professionals al mercat en relació a la demanda (47%). Per altra banda, menys d'un terç de les empreses han fet referència a un nivell baix d'idiomes, competències tècniques o nivells baix de coneixement de softwares bàsics pel lloc de treball.

El dèficit de treballadors/es amb habilitats específiques del sector de la impressió 3D produeix un increment elevat de rotació de personal qualificat, així com la necessitat de garantir la seva retenció tal com succeeix al domini STEM (Laviña et al., 2019). Per tant, atenent a les previsions de creixement d'aquest sector, establir una oferta formativa que respongui a aquestes necessitats previsiblement es traduirà en la generació de titulacions que comptaran amb una elevada inserció i bones condicions laborals degut a la creixent demanda.

3.4. Perfils professionals emergents

Al temps que la impressió 3D modifica el model productiu i els models de negoci, també té el potencial de crear nous perfils professionals en resposta a noves necessitats, que requereixen una combinació de capacitats que difícilment es pot trobar amb els itineraris formatius tradicionals (Institut Cerdà, 2019). Segons un estudi, les empreses prefereixen desenvolupar recursos interns pels processos de disseny, enginyeria i assaig (Sculpteo, 2020), el que previsiblement es traduirà en una creixent demanda de perfils professionals associats a aquestes tasques.

De fet, segons una enquesta a empreses de Amèrica del Nord, Europa i Àsia, entre les majors preocupacions per fer servir la impressió 3D hi trobem els costos de post-processament. En aquest sentit, creix la preocupació respecte a l'ús de ma d'obra especialitzada (PostProcess, 2020). Igualment, a una enquesta realitzada a més de 1.300 persones usuàries d'impressores 3D arreu del món, gairebé la meitat identifica el control de qualitat com al repte més important per fer servir aquesta tecnologia (Sculpteo, 2019). Generar oferta formativa que doni resposta a aquestes preocupacions podria resultar molt útil per impulsar el sector.

A partir de les entrevistes realitzades en el nostre estudi es pot identificar una gran quantitat de perfils professionals que tindrien una bona acollida al sector de la impressió 3D. En diverses ocasions es comenta que aquesta nova tecnologia s'està implantant a la nostra indústria contractant a persones procedents d'altres perfils professionals (per exemple modelisme, fabricació, disseny, enginyeria...) que s'han d'adaptar a una tecnologia que no controlen. Es considera per tant que a qualsevol perfil que es demandi al sector, l'especialització en impressió 3D serà un element clau per diferenciar-se de la resta de candidatures.



3.4.1. Perfils enfocats al disseny

El perfil de dissenyador/a per la impressió 3D estaria especialment enfocada a àmbits de formació industrials, amb l'objectiu de dissenyar específicament per la tecnologia amb la qual es va a treballar. Aquest perfil ha de ser capaç de tenir en compte les nous possibilitats de la impressió 3D en quant a materials, gemometries i integració de la filosofia de l'economia circular i el disseny pel reciclatge. Ha de dominar el software de control de les impressores i altres eines de fabricació digital per poder-les incorporar al procés de desenvolupament. Addicionalment, un perfil de modelat de disseny assistit per ordinador en 3D, expert en CAD, complementa la impressió 3D al convertir les dissenys de productes en plans digitals que necessiten les impressores. Igualment, també caldran perfils més experts en modelat per àrees específiques, com per exemple al camp de l'arquitectura i la construcció que



Atenent a les previsions de creixement del sector, una nova oferta formativa adaptada comptaria amb una elevada inserció i bones condicions laborals

siguin capaços la capacitat de passar de les solucions constructives de dues dimensions al 3D.

S'insisteix que és molt necessari aquest perfil específic de disseny per impressió 3D, la persona encarregada de dissenyar la peça. Existeix una forta demanda d'aquest perfil i no hi ha formació suficient per cobrir-la, el que implica grans possibilitats. Es suggereixen perfils superiors d'enginyers de disseny o disseny computati-

onal algorítmic per a l'automatització del disseny, per exemple. Aquests perfils de nivell superior també poden estar assistits per perfils de nivell baix-mig al procés de prototipat i desenvolupament del producte. Per exemple, en medicina caldria un perfil dedicat a la imatge mèdica (pressa d'imatge, tractament, reconstrucció i arregles), que podria tractar-se d'una enginyeria biomèdica o un postgrau en reconeixement d'imatge mèdica, amb suport d'alguna titulació d'FP en imatge mèdica especialitzada en impressió 3D.

Tanmateix, es considera que tindrien una bona acollida perfils vinculats a graus d'FP aplicats a la impressió 3D, com podria ser el cas de disseny i simulació, desenvolupament de projectes mecànics, disseny en fabricació mecànica, gestió del disseny, delineants, metròlegs o dissenyadors de producció. Per últim, també es fa referència a la necessitat d'un perfil de disseny d'impressores 3D, orientat a la creació de les pròpies impressores.



3.4.2. Perfils enfocats als materials

També és recurrent la referència a un perfil coneixedor de materials i els seus acabats, capaç d'identificar els materials més adients per cada procés productiu i maximitzar el seu rendiment. Aquests perfils d'experts en materials de nivell mig i alt serien molt útils igualment per enfocar-se a la recerca i l'experimentació amb nous materials. Per exemple, un perfil d'enginyer/a de materials que vulgui beneficiar-se de les possibilitats de la impressió 3D haurà d'ampliar els seus coneixements en matèria de tecnologies d'impressió 3D i TIC/CAT per poder preveure les necessitats i requeriments dels materials que utilitzarà o desenvoluparà.

Tanmateix, un perfil químic haurà de tenir un bon coneixement de les tecnologies de procés per la impressió 3D per poder concebre nous materials compatibles amb els processos de fabricació i que tinguin les característiques necessàries per facilitar el post-processament i permetre l'aplicació funcional.

Específicament, en l'àmbit mèdic calen perfils per tractar amb bioimpressores, com ara biomèdics, bioquímics o biòlegs especialitzats en impressió 3D. Es comenta que la bioimpressió actualment està generant molta investigació, plasmada en una corba exponencial de la presència a les revistes indexades, però encara es troba a fases molt inicials la vessant aplicada. Actualment es pot imprimir teixit senzill, que impliqui una única cèl·lula o com a màxim dos, però a mig termini s'espera que es comenci a aplicar a casos com cremades o impressió de vasos sanguinis, mentre que la impressió d'òrgans correspondria amb un termini més llarg (a una o dues dècades vista). La

demanda d'aquests perfils estarà molt lligada a aquests desenvolupaments en marxa.



3.4.3. Perfils enfocats al procés de fabricació

Entre els perfils més demandats torbem els de tècnic/a i operari/a. Per una banda, un perfil tècnic que realitzi tasques de preparació, assistència i manteniment bàsic de la màquina d'impressió 3D segons el disseny i el material de la peça. Per l'altra banda, un perfil d'operari dedicat a la fabricació de la peça, encarregat d'introduir el material i del procés de fabricació, que requerirà una elevada creativitat per exemple per imaginar solucions d'utilitats interns de treball així com un coneixement sobre com fer servir el software per poder fer els ajustaments necessaris als models digitals. També es poden perfilar perfils més específics com el de tècnic/a de manteniment d'impressores 3D amb coneixements pràctics avançats sobre un tipus o família d'impressores 3D (sovint les d'un o diversos fabricants), que permet realitzar un manteniment i reparació d'aquestes.

Es considera que aquestes formacions no han de ser especialment qualificades. Es planteja la necessitat



de crear nous perfils de grau mitjà i superior d'FP com podria ser el de tècnic/a en impressió 3D. Aquests perfils d'operaris coneixedors de les tecnologies i els materials es considera que faran més competitiu al sector, donant suport a perfils amb qualificacions superiors d'enginyer/a de producte i de producció.

Es senyala que els perfils híbrids estan tenint una inserció laboral excel·lent, com per exemple la combinació de robòtica, mecatrònica i impressió 3D. D'aquesta manera, podrien tenir molta sortida especialitzacions en impressió 3D en perfils professionals existents molt diversos com per exemple mecatrònica, tècnics en robòtica i automatització, fabricació mecànica, química, biologia, artístic, arquitectura o electrònica. De fet, s'adverteix que aquest tipus de perfils actualment estan cobrint aquestes necessitats de talent però sense comptar amb els coneixements i habilitats necessaris, amb els inconvenients que comporta.

Seran necessaris perfils professionals de tots els nivells d'acreditació per cobrir el ventall tan ample de necessitats de talent del sector

Adicionalment, també es fa referència a la necessitat de perfils informàtics i programadors, per exemple per automatitzar processos de producció i imprimir una major quantitat de peces o, un cop acabat el procés de fabricació, recollir dades de les màquines per valorar el procés, el temps invertit, els costos, etc. i proposar solucions de millora.

Hi ha força professionals amb formació en modelisme realitzant tasques de post-processament, però es comenta que amb la tecnologia d'impressió 3D generalment els acabats són molt millorables i una figura especialitzada seria molt adient. Es tractaria d'un perfil especialista en post-processament de peces 3D, coneixedor dels tipus d'acabats/post-processaments que poden ser aplicats a les peces un cop impreses, ja sigui per la millora de superfícies, millores estètiques o per aplicacions específiques. Hauria d'estar per tant especialitzat en tasques com pintar, polir, realitzar recobriments, tractaments tèrmics, etc. amb un perfil força tècnic que podria ser una formació en FP.

Per la seva banda, el control de qualitat representa un perfil que cada cop serà més necessari donat que hi haurà més exigències per introduir nous productes al mercat complint certes garanties. Caldrà, per tant, un perfil de certificador, enfocat a la inspecció de processos i productes finals.

Un perfil vinculat a aquests àmbits seria el de metròleg/a, orientat a serveis de mesurament i sistemes precisos per la verificació de peces i utilitats. Implica el coneixement de softwares i eines necessàries per la mesura d'arxius CAD.

Altre perfil força demandat seria el de comercial, dedicat al màrqueting i les ventes. Donat que es tracta d'un mercat nou, en procés d'expansió i implantació, els perfils especialitzats de comercialitzadors/es d'equipaments, de nous serveis associats o prototips representen un altre nínxol a tenir en compte.

Per últim, també es fa referència a perfils dedicats a la coordinació o direcció de projectes (per prendre decisions respecte a l'aplicació de la tecnologia, inversions, objectius de producció, resolució de problemes...), que requereixen coneixements en materials, enginyeria, disseny, tecnologies i altres aspectes. També, en un sentit més ampli, s'han de considerar perfils experts en operacions i administració en 3D, capaços de mantenir el negoci funcionant sense problemes, incloent per exemple personal administratiu, anàlisis, finances o recursos humans.



3.4.4. Nivells requerits

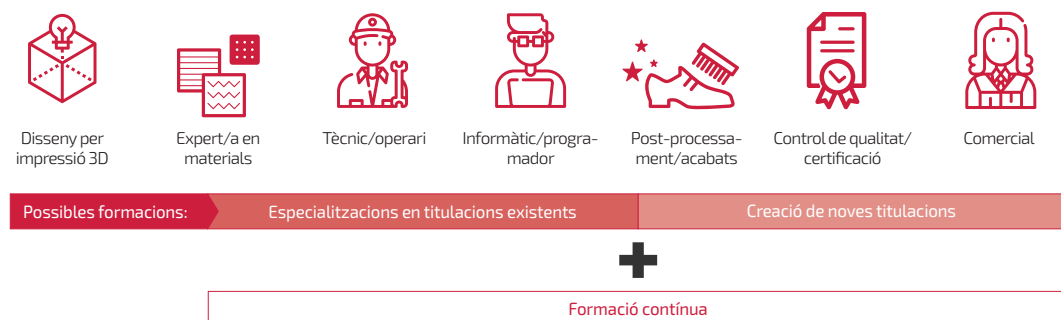
En general, es percep que seran necessaris perfils professionals de tots els nivells d'acreditació, des de l'universitari fins a l'FP, per tal de cobrir el ventall tan ample de necessitats de talent del sector.

Per una banda, es considera que la clau serà orientar la formació en els diferents àmbits educatius a tenir nocions bàsiques a l'àmbit de la impressió 3D, donat que es parteix d'una situació on hi ha molt poca formació al respecte. A partir d'un nivell considerablement baix de formació ja es considera que es podria començar a fer coses interessants, donat que en molts aspectes no cal un elevat grau d'expertesa per utilitzar aquesta tecnologia. De fet, es percep que les màquines han estat operades en un principi per gent sobrequalificada, encarint la producció i potenciant aquesta necessitat d'adequar l'oferta formativa a les demandes de talent per tal que la tecnologia sigui més competitiva i es pugui aplicar a més productes.

En quant a la incorporació d'aquesta formació als cur-

rículums, s'apunta la possibilitat d'introduir nocions d'impressió 3D al nivell universitari en enginyeries mecàniques i electròniques, disseny industrial, arquitectura o matemàtiques, entre d'altres; mentre que a branques d'FP relacionades amb la mecànica, electrònica, maquinària, etc. podria resultar molt adient un curs final d'orientació al camp de la impressió 3D.

Figura 34. Perfils professionals amb major potencial

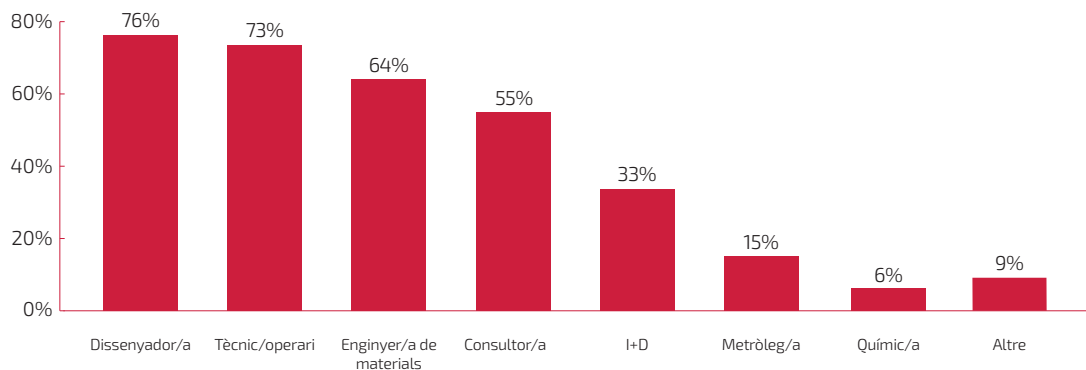


3.4.5. Demanda de perfils a curt i llarg termini

Amb la intenció d'adequar l'oferta formativa a un sector en constant canvi com el de la impressió 3D, esdevé fonamental fer un seguiment i previsions de les principals tendències actuals i futures, que sens dubte impactaran en les necessitats de talent específic per incorporar a les plantilles.

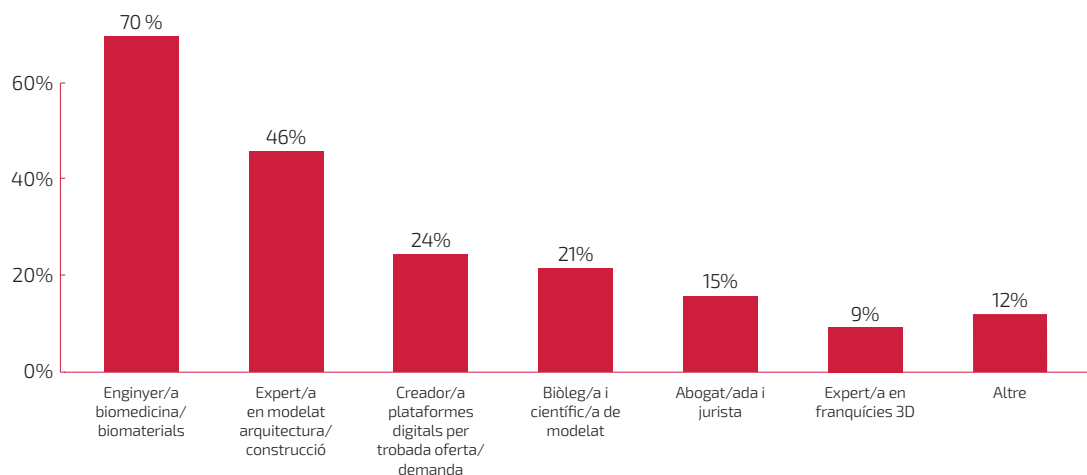
En aquest sentit, a partir de l'enquesta realitzada en el present estudi, els perfils professionals emergents que es considera que seran més rellevants als propers 5 anys són aquells vinculats amb el disseny i el tècnic/operari, seguits per l'enginyeria de materials i la consultoria. Un terç de les empreses també fan referència a la recerca, mentre que el perfil de metròleg/a, químic/a o altres (com formadors, programadors o enginyers de processos) serien menys recurrents.

Figura 35. Perfils professionals emergents considerats rellevants als propers 5 anys



Amb una mirada més a llarg termini, les tendències apuntarien especialment a la demanda d'un perfil d'enginyer/a en biomedicina o biomaterials, seguit d'un perfil expert en modelat per arquitectura i construcció. Menys d'un terç de les empreses enquestades fan referència també a perfils vinculats a la creació de plataformes digitals per la trobada entre la oferta i la demanda, la biologia i el modelat, l'àmbit jurídic o les franquícies 3D.

Figura 36. Perfils professionals considerat rellevants a llarg termini



És a dir, tant els perfils professionals considerats rellevants en els propers anys com a més llarg termini suggereixen que el sector de la impressió 3D necessitarà contractar talent amb bagatges formatius molt diversos, on l'FP podria jugar un paper molt rellevant.

3.5. Previsions de contractació i valoració de l'FP

Si bé hem vist el gran potencial que pot oferir l'FP de cara a adequar l'oferta formativa a les necessitats del sector de la impressió 3D, també és important conèixer el paper que juga actualment aquest àmbit educatiu en el teixit empresarial existent.

De les empreses enquestades en el present estudi, un 61% compta amb personal graduat en FP, xifra que mostra que aquesta modalitat formativa ja constitueix un actiu important al sector. Ara bé, la següent figura mostra les contribucions del personal graduat en FP podrien millorar substancialment.

Al voltant de la meitat de les empreses consideren que l'actualització dels coneixements rebuts als estudis d'FP, l'adaptació dels coneixements a l'àrea assignada i el grau d'especialització dels coneixements són millorables. Al voltant d'un terç valoren aquests tres àmbits com a sufi-

cients, mentre que menys d'una de cada cinc els valorarien positivament.

El 39% d'empreses que no compten amb titulats/des en FP a les seves plantilles esgrimeixen com a principal raó el desconèixement de l'oferta formativa i les possibilitats, seguit per la percepció de que les titulacions d'FP no s'adapten a les activitats de l'empresa.

Tot aquest panorama, per tant, suggereix que per la majoria d'empreses que recorren a personal titulat en FP (donat que encaixen d'alguna manera amb els perfils professionals que busquen), el grau de satisfacció és força millorable, mentre que la resta d'empreses no compten amb treballadors/es amb FP per desconèixer el seu encaix o perquè directament no encaixen. Sens dubte, una adequació, adaptació i actualització de l'oferta formativa dels diferents graus d'FP vinculats amb la impressió 3D contribuiria enormement a revertir aquesta situació.

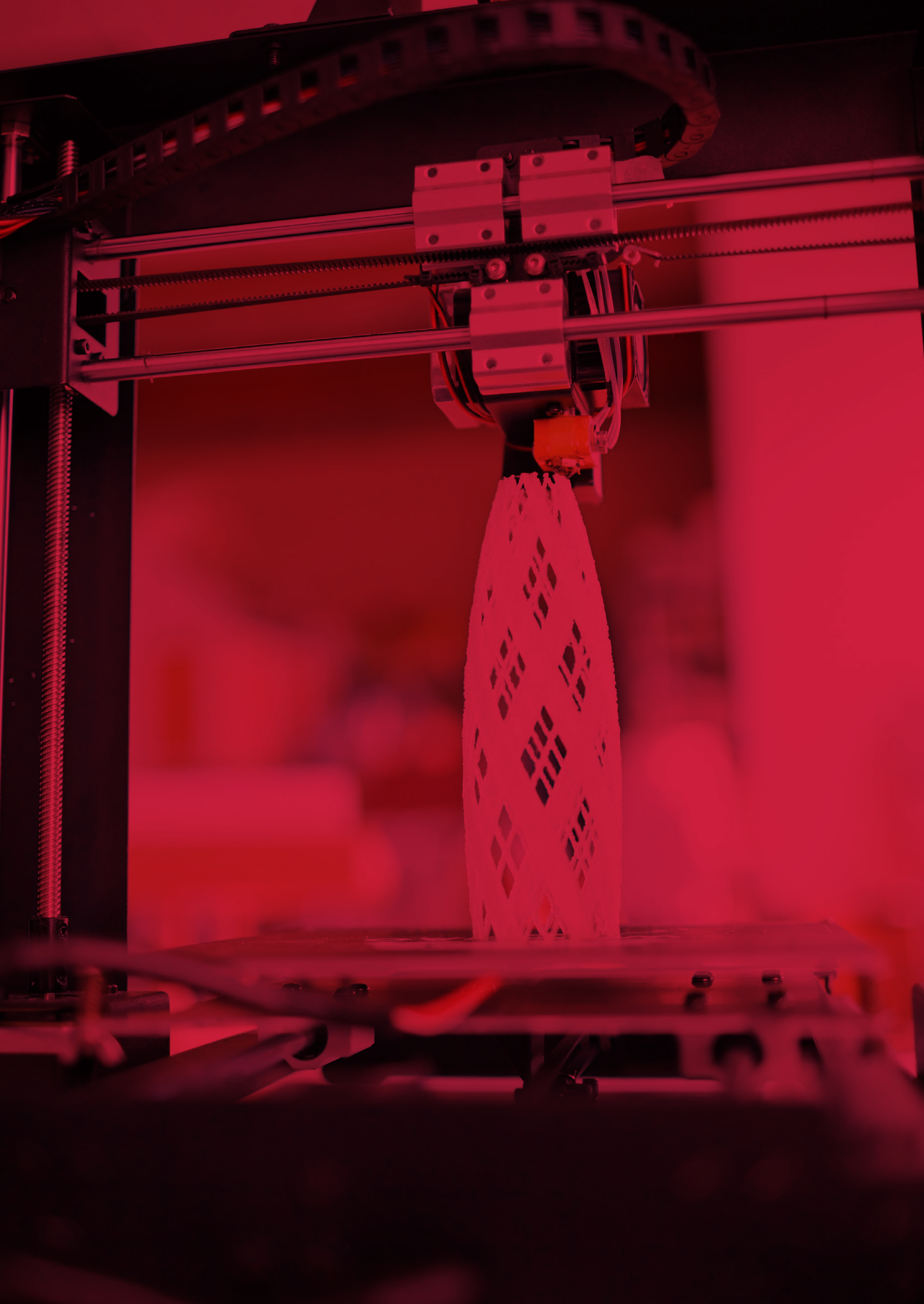
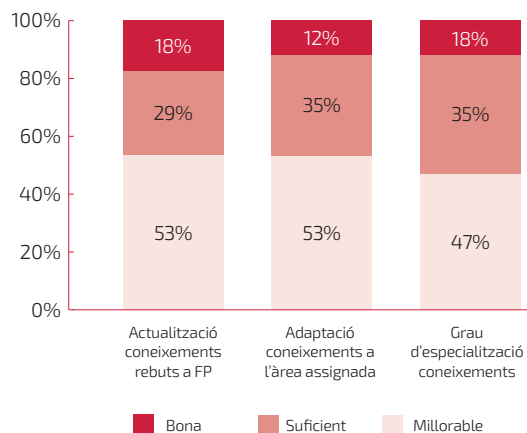
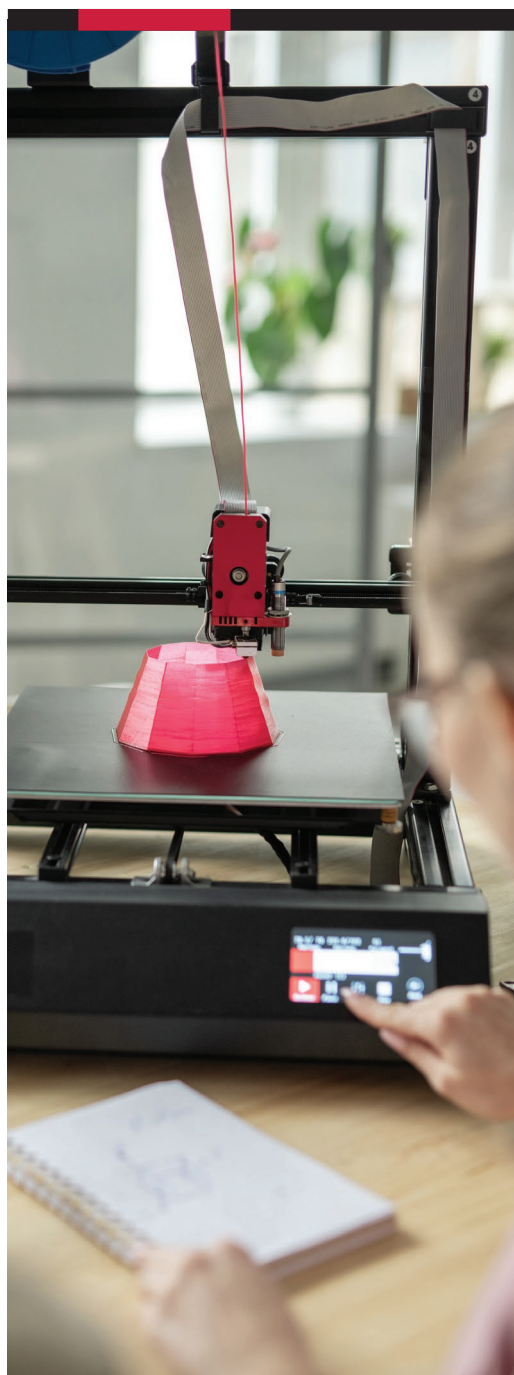
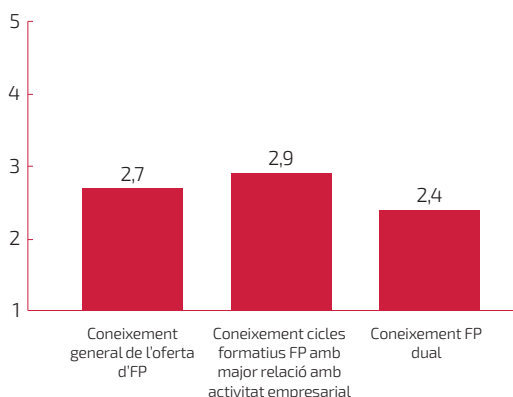


Figura 37. Valoració d'aspectes respecte a graduats/des d'FP de la plantilla



De fet, el grau de coneixement d'aquestes empreses en relació a l'FP és molt deficient. El coneixement dels cicles formatius amb major relació amb l'activitat de l'empresa, el coneixement general de l'oferta d'FP i especialment de la modalitat d'FP dual no arriben a l'aprovat. Probablement aquest desconeixement està força relacionat amb el fet que l'oferta formativa de l'FP encara, en termes generals i sense desvalorar els esforços que s'estan duent a terme a diferents centres, dista molt d'adequar-se a les necessitats laborals específiques d'aquest sector.

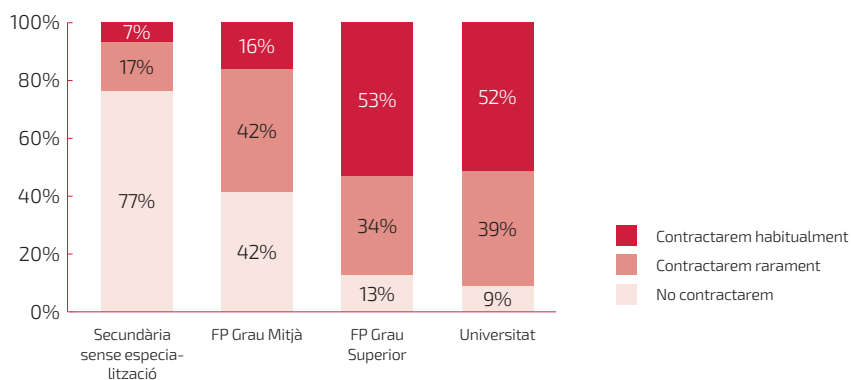
Figura 38. Grau de coneixement en relació a l'FP (de 1-gens a 5-molt)



Malgrat això, entre les previsions de contractació pels pròxims 3 anys, les titulacions d'FP tenen un pes considerable. Més de la meitat de les empreses enquestades preveuen una contractació habitual de persones titulades en Cicles Formatius de Grau Superior, així com un terç una contractació esporàdica. Es tracta de nivells molt semblants a les previsions de contractacions de personal amb titulacions universitàries.

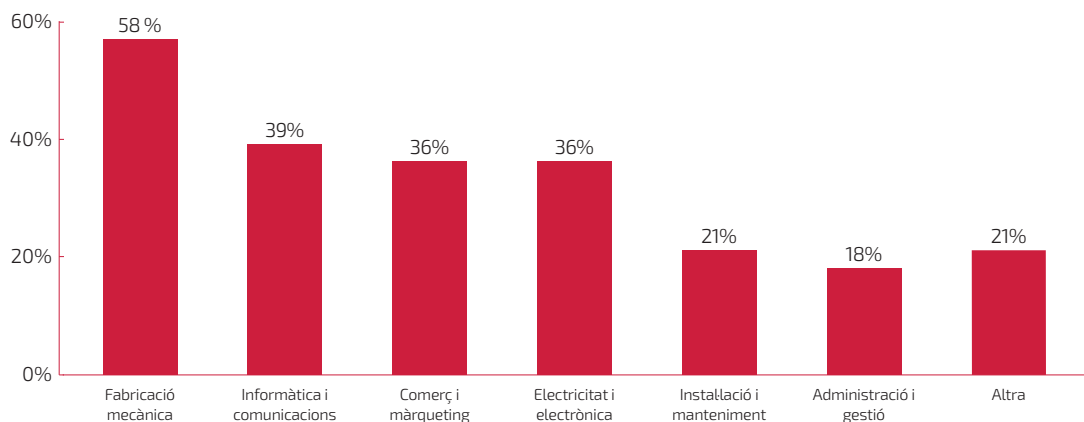
Les previsions de contractacions de personal format en Cicles Formatius de Grau Mitjà són força més lleus (un 16% contractarà habitualment i un 42% rarament), probablement a la menor percepció d'adaptació a les necessitats del sector però de qualsevol manera molt més prometedores que les previsions respecte a l'educació secundària sense especialització.

Figura 39. Previsió de contractació als pròxims 3 anys segons nivell instructiu



En cas de contractar nou personal titulat en FP, la família professional que més interès genera és la de fabricació mecànica, esmentada per un 58% de les empreses. Prop d'un 40% fan referència a informàtica i comunicacions, comerç i màrqueting, així com electricitat i electrònica. Al voltant del 20% també considera interessant instal·lació i manteniment, administració i gestió o altres (com modelat, pintura, arquitectura o ceràmica). Altre cop veiem que l'interès del sector és molt divers i implica a àrees formatives molt diverses.

Figura 40. Famílies professionals que generarien més interès en cas de contractar nou personal graduat en FP



4 CONCLUSIONS I PROPOSTES D'ACCIÓ

En aquest estudi, basat en una revisió bibliogràfica de les publicacions i dades referents a la impressió 3D, així com entrevistes als principals actors i una enquesta a empreses del sector, hem realitzat un anàlisi de l'evolució, la situació actual i les tendències de futur en relació a aquest sector emergent de gran potencial. En quant a la realitat més immediata, Catalunya és un dels principals pols d'impressió 3D a nivell mundial, amb l'AMB englobant més de la meitat de les empreses. Malgrat això, la gran majoria d'empreses enquestades perceben que a Catalunya falta informació, interès o hi ha importants barreres d'entrada, considerant per tant que cal potenciar aquest sector des de diferents vessants.

La impressió 3D està associada a una important quantitat d'avantatges, des de la flexibilitat, la llibertat de disseny i la producció a demanda, fins a la possibilitat de reduir costos de producció o reduir l'impacte ambiental. Es tracta d'un sector emergent que ha vist multiplicat per tres el nombre de professionals en tres anys, així com un augment important de les patents, l'assistència a fires, la inversió i l'ús en empreses, tots aquests indicadors del seu dinamisme malgrat que encara es trobi en una fase força inicial.

Entre les tendències identificades en relació a aquest sector, destaquen el desenvolupament d'impressores, software i materials, que permetran processos més sofisticats i en alguns sentits amb un menor cost econòmic. Al procés de fabricació, hi trobem una tendència a un post-processament més automatitzat i econòmic, així com una cadena de subministrament menys complexa. Aquesta tecnologia es preveu que continuï generant nous models de negoci a molt diversos sectors, al temps que caldrà també abordar qüestions legals des de diferents àmbits per adaptar-se a la nova realitat.

A continuació elaborem un seguit de propostes enfocades a una potenciació del sector per part de les administracions públiques. Aquestes idees es desprenen principalment de les entrevistes realitzades als principals actors del sector, així com de la revisió bibliogràfica i de la reflexió pròpia a partir dels elements identificats com més rellevants. En

primer lloc ens centrem en les possibles vies d'acció per adequar l'oferta formativa a les necessitats d'un sector tan dinàmic com el de la impressió 3D. Finalment, es presenten una sèrie de propostes addicionals i complementàries amb un abast molt divers (des d'iniciatives legals o estratègiques fins l'impuls d'iniciatives més concretes).

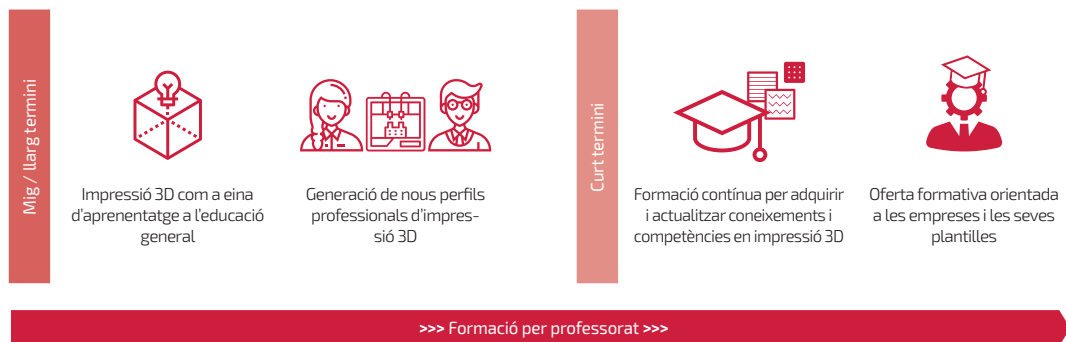
4.1. Adequació de l'oferta formativa

La realitat econòmica i social generalment evoluciona de forma més ràpida que altres àmbits com l'educatiu o el legislatiu. D'aquesta manera, un cop identificat un sector amb un gran potencial com el de la impressió 3D, cal accelerar processos d'adaptació (curriculars, legals...) per potenciar el seu desenvolupament de manera competitiva.

Així, un element central per potenciar el sector consisteix en adaptar l'oferta formativa a aquesta realitat emergent, per tal de generar una mà d'obra qualificada i especialitzada que sigui capaç de dinamitzar el sector. En aquest sentit, per exemple, hem vist que entre les dificultats trobades a l'hora d'implantar una nova tecnologia, un 46% de les empreses enquestades fan referència a una falta de talent format a l'àrea especialitzada.

En aquesta incorporació de la impressió 3D al sistema formatiu, podem diferenciar entre quatre aspectes o dinàmiques diferents:

Figura 41. Estratègies d'incorporació de la impressió 3D a les modalitats formatives



Un impuls progressiu de cursos de formació contínua i oferta formativa orientada a empreses es pot desenvolupar de manera més àgil a curt termini, mentre la incorporació de la impressió 3D tant a l'educació general com a la creació de nous perfils professionals requereix lògicament de més temps. Ara bé, cal tenir en compte que les estratègies formatives a curt termini poden ser molt útils per adreçar problemàtiques específiques, però les necessitats de talent del sector requereixen clarament una actualització i adequació molt més profundes dels currículums educatius. Per tant, es tractaria d'una qüestió totalment prioritària per tal de dinamitzar el sector amb la mà d'obra qualificada necessària.

La incorporació de la impressió 3D a les diferents modalitats formatives ha de ser molt flexible, considerant quin tipus de coneixements i habilitats es necessitaran en cada cas. Així, mentre que perfils molt vinculats amb el procés productiu amb impressió 3D requeriran un coneixement molt especialitzat, aquells perfils que treballaran amb posicions més de suport (com ara professions dedicades a la docència, la gestió, la logística, etcètera) requeriran d'una formació més variada i genèrica.

4.1.1. Impressió 3D com a eina d'aprenentatge

En la línia dels Objectius de Desenvolupament Sostenible de l'Agenda 2030, s'identifiquen com elements per una educació de qualitat tant l'aplicació de les impressores 3D en l'educació com l'elaboració de nous mètodes lectius i pedagògics a través de la impressió 3D (ACCIÓ, 2019a). També el Fòrum Econòmic Mundial suggereix que les administracions públiques possibi-

litin una educació en impressió 3D a edats primerenques, així com a programes universitaris i formació professional (World Economic Forum, 2020a).

Es tractaria, per tant, d'incorporar plenament els marcs de competències digitals establerts per la UE als processos de formació reglada, promovent l'adquisició d'habilitats digitals a tots els nivells del sistema educatiu (primària, secundària, formació professional i universitària), amb independència de l'especialització dels estudis (Laviña et al., 2019).

Entre els avantatges que comporta el disposar d'una impressora 3D a l'aula, s'apunten el foment de la creativitat i de la resolució de problemes (materialitzant idees en objectes reals), la generació de major participació amb un procés molt més lúdic, la promoció de la motivació envers l'aprenentatge, fer que l'abstracció sigui més senzilla d'entendre al poder manipular els exemples, facilitació de la tasca docent, la promoció del treball multidisciplinari o el treball per projectes (Àrea de Tecnologia Educativa, 2016).

Les aplicacions d'aquesta tecnologia són moltes i molt diverses. Per exemple, a matèries vinculades amb les matemàtiques es poden dissenyar, imprimir i calcular objectes en 3D; a l'àmbit de la geografia serveixen per treballar amb relleus; a l'art permeten dissenyar i imprimir molt diversos objectes; a ciències imprimir diferents models com poden ser moleculars; a música imprimir instruments simples; etcètera (Lütolf, 2014). Com a recurs educatiu tridimensional, un estudi mostra una gran valoració de l'alumnat de 1er de Batxillerat respecte a l'ús d'una impressora 3D per replicar models d'escultures sense necessitat de coneixements avançats en aquesta tecnologia (Saoín et al., 2017).

Així, sembla una dinàmica creixent la incorporació d'impressores 3D a centres educatius, que cada cop és més àmpliament considerada com una eina rellevant en matèria educativa. Al mateix temps, la disminució dels preus d'aquestes impressores 3D fa cada cop més viable la incorporació d'objectes d'aprenentatge tangibles a la docència reglada (Saoín et al., 2017).

Algunes institucions estan promovent aquesta implementació, com per exemple l'Institut Mare de Deu de la Mercè de Barcelona, on l'alumnat de primer curs de Disseny en Fabricació Mecànica estan creant set impressores 3D. A Canàries, la Conselleria d'Economia, Indústria, Comerç i Coneixement ha inclòs el disseny, modelat i fabricació 3D entre les temàtiques de la convocatòria de subvencions orientada a la millora de les competències digitals (Saoín et al., 2017).

Entre els actors més rellevants del sector es considera que la impressió 3D s'hauria d'introduir al conjunt dels itineraris educatius, des de fases molt inicials o com a mínim des de secundària (per exemple i clarament a tecnologia). Es comparen les impressores 3D amb ordinadors com a eines d'aprenentatge o un recurs per ajudar a adquirir altres competències i també per anar adquirint coneixements que seran molt útils a la indústria en un futur.

Fins ara, les iniciatives per introduir la impressió 3D depenen del professorat. Així, a alguns graus universitaris o cicles formatius d'FP hi trobem que la impressió 3D no surt al temari però sí que es tracta en algunes assignatures. La percepció, per tant, és que cal un impuls molt més estratègic i global d'aquesta tecnologia com a eina educativa.

Aplicació de les impressores 3D en l'educació:

- Incorporació des d'edats primerenques
- Avantatges (foment creativitat, resolució de problemes, participació, motivació, facilitació, multidisciplinarietat, treball per projectes)
- Aplicacions a matèries molt diverses (matemàtiques, geografia, ciències, art...)
- Formació del professorat en impressió 3D

4.1.2. Generació de nous perfils professionals d'impressió 3D

La creació de noves titulacions o especialitzacions en matèria d'impressió 3D constitueix l'adaptació curricular més necessària pel sector. Es tractaria de formacions específiques en impressió 3D, com ara màsters, post-graus o cursos d'FP. La incorporació, el més aviat possible, de noves promocions d'alumnat amb formació adaptada a la impressió 3D serà fonamental per donar solució a la manca de talent expressada pel teixit empresarial i altres actors del sector.

A les entrevistes portades a terme en el marc d'aquest estudi s'ha apuntat que la formació específica en impressió 3D s'imparteix únicament a cursos d'entitats privades, amb algunes excepcions com els postgraus de la Fundació CIM o altres màsters per enginyers. També l'Institut Escola de Treball de Barcelona està prenent

la iniciativa. Actualment ha presentat un projecte per impulsar un Fablab en impressió 3D dins del centre, que actualment ja compta amb 4 impressores 3D. Es tracta d'un centre de referència per la formació d'especialització en impressió 3D que ha aprovat enguany el Departament d'Educació, adreçat a persones graduades en FP.

Si bé les universitats públiques disposen d'una major flexibilitat per crear aquest tipus de formació, per exemple mitjançant màsters orientats a la impressió 3D, des de l'àmbit de l'FP urgiria adequar els currículums oferts a l'alumnat tant als cicles formatius de Grau Mitjà com Superior.

De fet, a les entrevistes realitzades es comenta reiteradament que el principal problema en termes formatius és la manca de formació en impressió 3D a les escoles tècniques d'FP. Actualment aquesta manca de formació es cobreix amb formació interna de les empreses, que

s'encarreguen de la formació de les seves plantilles, o bé emprant personal sobrequalificat (per exemple, amb enginyers realitzant tasques de tècnics operaris). A diferents estudis superiors com els màsters de la UPC s'està formant personal capaç de guiar el procés de producció en impressió 3D, però manquen formacions específiques als mòduls d'FP per desenvolupar les diferents tasques (maneig de la impressora 3D, manteniment, post-processat, etc.). Es tracta per tant d'una barrera que impedeix el desenvolupament present i futur del sector.

Hem vist que una majoria d'empreses enquestades compten amb personal graduat en FP, si bé es considera molt majoritàriament que cal una actualització i adaptació dels coneixements a l'àrea assignada, així com un major grau d'especialització. Per l'altra banda, la resta d'empreses que no compten amb persones graduades en FP a les seves plantilles, apunten a una desconexió de l'oferta o perquè directament no encaixen amb els perfils que busquen per manca d'especialització.

En les previsions de contractació de les empreses enquestades, les titulacions d'FP tenen un pes considerable, especialment els Cicles Formatius de Grau Superior. Les famílies professionals que generen més interès de contractació són Fabricació mecànica, Informàtica i comunicacions, Comerç i màrqueting i Electricitat i electrònica, seguides d'Instal·lació i manteniment i Administració i gestió.

Quins cicles d'FP haurien d'incorporar la impressió 3D al seu currículum? Clarament, tots els cicles directament relacionats amb la fabricació mecànica, l'electrònica, la informàtica i la robòtica, però també s'hauria de buscar la fórmula per incorporar coneixements envers la impressió 3D a una gran quantitat de cicles que interaccionen amb aquest sector, amb exemples que anirien des de soldadura, fusteria i moble, química o tèxtils fins a administració, màrqueting o ensenyaments artístics. És a dir, pràcticament totes les famílies professionals d'FP es veurien beneficiades per una adaptació en major o menor grau a les tecnologies d'impressió 3D.

Hem vist que les aplicacions de la impressió 3D afecten a sectors molt diversos, amb un únic requisit indispensable que consisteix merament en el fet de fer servir o fabricar objectes físics. Si bé alguns sectors com la salut, l'aeroespacial, l'automoció o l'enginyeria mecànica compten amb aplicacions més evidents d'aquesta tecnologia, el potencial i les possibilitats afecten a gairebé qualsevol àmbit.

Es tractaria per tant de generar perfils professionals adequats a les necessitats de talent d'aquest sector embrionari però dinàmic. Per exemple, a disseny mecànic es parla de prototipatge però no específicament d'impressió 3D. Per altra banda, les múltiples aplicacions de la impressió 3D a molt diversos sectors està

“ La creació de noves titulacions o especialitzacions en matèria d'impressió 3D constitueix l'adaptació curricular més necessària pel sector

generant, amb una tendència de futur, la demanda de professionals amb un perfil híbrid que incorporin alguna especialització en impressió 3D. Les propostes en aquest sentit han de ser innovadores i es poden basar, per exemple, en:

- Adaptacions curriculars, consistents en la incorporació de continguts específics a una titulació existent de tipus genèric per adaptar-la al sector de la impressió 3D. El currículum formatiu a adaptar pot arribar al 10% del contingut formatiu de la "titulació mare", donant un marge bastant ampli per tal d'adaptar una titulació amb orientació genèrica vers un perfil professional vinculat a la impressió 3D. A més, les pràctiques es realitzarien a empreses relacionades amb el sector de la impressió 3D.
- Generació de titulacions híbrides impartides en centres de formació o a partir de dues titulacions de dues famílies professionals diferents, en que cada centre o àmbit de la família professional generi, de manera conjunta, una oferta formativa realment híbrida que acabi generant perfils professionals especialitzats en impressió 3D. Aquesta modalitat podria ser útil per suplir la manca de professorat especialitzat en impressió 3D en algunes famílies professionals, recorrent a altres centres on hi hagi aquest perfil del professorat per impartir la docència especialitzada.
- Generació de dobles titulacions (distribució conjunta o 3x2): Més a llarg termini, en cas de crear-se titulacions directament vinculades a la impressió 3D, fins i tot es podrien plantejar itineraris formatius als quals els primers dos anys es cursin a un cicle formatiu i el tercer, complementari, es cursés

de cara a assolir una segona titulació basant-se en els continguts comuns de la primera titulació. Les dues titulacions assolides acostumen a pertànyer a la mateixa família professional.

Hem vist que el teixit empresarial enquestat considera més rellevants pels propers 5 anys els perfils

professionals de disseny, tècnic/operari, enginyer de materials i consultoria; mentre que a llarg termini destaquen els perfils més específics d'enginyeria en biomaterials/biomedicina i expert en modelat per arquitectura/construcció. La següent figura mostra un recull d'exemples de perfils que s'identifiquen com necessaris en aquest estudi:

Figura 42. Possibles perfils professionals vinculats amb la impressió 3D



També podria jugar un paper molt rellevant l'FP Dual. Aquesta modalitat formativa representa una eina ideal per corregir la manca formativa del sector, connectant directament l'àmbit formatiu amb l'aplicació pràctica al teixit empresarial. Les empreses podrien així rebre personal becari i col·laborar al procés formatiu, enfocat en aquest cas a l'ús de la seva tecnologia específica i per tant generant perfils altament especialitzats per ser incorporats a la plantilla. Tanmateix, l'FP Dual permet que l'alumnat entri en contacte amb la tecnologia més puntera al seu procés formatiu, donat que a l'àmbit empresarial s'implementen innovacions tecnològiques que per qüestions pressupostàries no tenen un trasllat immediat als equipaments dels centres formatius.

Al nostre estudi diverses empreses s'han mostrat molt interessades en aquesta possibilitat, disposades a col·laborar activament en cas que les administracions públiques prenguin la iniciativa. Seria molt útil per tant identificar totes les empreses que podrien demandar professionals d'FP per a formar personal tècnic especialitzat, tant per la via de l'FP Dual com de la Formació en Centres de Treball.

Nous perfils professionals / especialitzacions en impressió 3D:

- Una de les majors necessitats del sector és la disposició de perfils d'FP especialitzats en impressió 3D
- Formacions específiques en impressió 3D
- Creació de titulacions especialitzades a les escoles tècniques d'FP:
 - Adaptacions curriculars
 - Generació de titulacions híbrides
 - Generació de dobles titulacions
- Incorporació de coneixements en impressió 3D a la majoria de cicles d'FP
- Potenciar la modalitat d'FP Dual al sector

4.1.3. Formació contínua

Un dels elements definitoris d'una nova tecnologia és el seu dinamisme. La impressió 3D, molt lluny de ser una tecnologia estàtica, constitueix una eina en constant evolució que requereix d'una elevada flexibilitat i adaptabilitat. Aquest fet requereix l'establiment de programes de formació contínua per tal d'actualitzar els coneixements i habilitats al temps que evoluciona aquesta tecnologia.

Els diferents actors implicats (legisladors, organismes públics i privats, patronals i sindicats) han de preparar-se pels canvis en relació a les tecnologies digitals que afectaran al mercat laboral i a la formació al llarg de tota la vida. És necessari per tant establir programes de formació contínua per garantir l'ocupabilitat futura, formació a les noves tecnologies (com la impressió 3D) i programes de reciclatge de coneixements digitals amb reconeixement acadèmic (Laviña et al., 2019).

Com a primer pas, seria molt adient dissenyar i oferir cursos de formació per especialitzar-se en impressió 3D per persones graduades. D'aquesta manera, a falta de currículums especialitzats en impressió 3D, aquesta formació podria resultar molt adient. En quant als continguts, la figura anterior mostra quins serien els àmbits més demandats actualment (disseny en 3D, materials, ús i manteniment d'impressores 3D, etcètera).

Com a següent pas, conforme augmenti el nombre de personal especialitzat en impressió 3D (com seria el cas especialment amb un impuls de currículums formatius adaptats a aquesta tecnologia), caldran cursos de formació contínua que estiguin centrats en els desenvolupaments d'aquesta tecnologia (per exemple, amb noves màquines, materials, eines per post-processat, etcètera).

Formació contínua en impressió 3D:

- Tecnologia en constant evolució
- Flexibilitat i adaptabilitat
- Actualització de coneixements i habilitats
- Cursos per especialitzacions en impressió 3D per persones graduades
- Cursos de formació contínua segons evoluciona la tecnologia

4.1.4. Oferta formativa orientada a les empreses

Per últim, també es considera important l'oferta formativa orientada a les empreses i les seves plantilles, molt especialment en la mesura en què no existeixen cursos formatius especialitzats en impressió 3D als itineraris d'FP. Aquesta formació pot orientar-se a diferents realitats: empreses que estan considerant l'adopció de la impressió 3D, empreses que comencen a implementar aquesta tecnologia, o fins i tot a empreses amb experiència al sector però que estan contractant nou personal no especialitzat o estan realitzant innovacions dins del seu procés productiu (amb noves impressores, adoptant nous materials, etcètera.).

En quant als continguts d'aquesta oferta formativa, hem vist que les empreses enquestades valoren, en

aquest ordre d'importància, aspectes relacionats amb el disseny, post-processat/acabats, materials i propietats, conceptes bàsics i impacte sobre el model de negoci, tecnologies, sostenibilitat i, per últim, operacions a laboratori.

Es remarca que la formació necessària per aquest sector és especialment de tipus pràctic i no teòric, el que significa que calen infraestructures amb centres semblants als Hubs o incubadores, amb tecnologia adient per la producció industrial. Espais d'aquest tipus permetrien una formació directa amb màquines i tecnologies, així com experimentar i conèixer la tecnologia sense necessitat d'una inversió prèvia per valorar el seu potencial.

També es comenta que seria molt interessant una forta coordinació, el que implica conèixer què existeix

al món de la impressió 3D i convidar als diferents actors a que formin part d'un ecosistema de formació, sigui aportant màquines, experiència o coneixement.

Totes aquestes estratègies per incorporar la impressió 3D a l'àmbit de l'educació requereixen d'un esforç per formar al professorat en aquesta tecnologia

Segons l'enquesta realitzada en aquest estudi, un 76% de les empreses consideren d'interès un assessorament o acompanyament respecte al disseny/redisseny; un 62% en relació a la selecció de materials/tecnologies; i un 24% valorarien positivament la possibilitat de rebre formació.

És a dir, a banda dels habituals cursos formatius que es poden oferir, també seria pertinent generar programes d'assessorament o acompanyament per ajudar al teixit empresarial en termes de disseny, selecció de materials i tecnologies, gestió, organització i planificació de projectes, etcètera. A les entrevistes realitzades també s'apunta la utilitat que tindrien píndoles informatives en relació a aspectes com els comportaments mecànics.

Com a exemple de programes d'acompanyament i formació, el Servei d'orientació en manufactura 3D² de la Generalitat ofereix orientació a les empreses sobre de quina manera aprofitar la impressió 3D per augmentar la competitivitat, així com tallers de formació i establiments de contacte amb proveïdors. També de la Generalitat, amb una orientació més genèrica cap a la indústria 4.0, estaria ProACCIÓ 4.0³, que entre altres serveis, ajuts, programes i activitats, ofereix orientació i assessorament a les empreses per afrontar el procés de digitalització.

Formació en impressió 3D orientada a empreses:

- Orientació a empreses que:
 - Consideren implementar la tecnologia
 - Comencen a implementar la tecnologia
 - Amb experiència al sector però que contracten nou personal o realitzen innovacions
- Cursos formatius
- Continguts:
 - Disseny
 - Post-processat / acabats
 - Materials i propietats
 - Conceptes bàsics i impacte sobre el model de negoci
 - Tecnologies
 - Sostenibilitat
 - Operacions a laboratori
- Formacions pràctiques amb infraestructura i tecnologia adequada
- Programes d'assessorament o acompanyament

4.1.5. Formació per professorat

Totes aquestes estratègies per incorporar la impressió 3D a l'àmbit de l'educació requereixen, lògicament, un esforç per formar al professorat en aquesta tecnologia. Quan ens trobem davant de noves tecnologies, sempre es produeix una manca de professorat preparat per incorporar-les a l'àmbit docent, com a mínim durant les etapes inicials d'aparició i desenvolupament de la tecnologia.

² <https://www.accio.gencat.cat/ca/serveis/innovacio/tecnologia-per-a-lempresa/servei-dorientacio-en-manufactura-3d/>

³ <https://www.accio.gencat.cat/ca/serveis/innovacio/tecnologia-per-a-lempresa/proaccio-40/>

Hi ha alguns precedents en aquest sentit, com per exemple amb la Conselleria d'Educació, Univeristats i Sostenibilitat del Govern de Canàries que ha dissenyat un manual per tal que el professorat dels centres educatius es familiaritzi amb l'ús d'una impressora 3D (Àrea de Tecnologia Educativa, 2016).

Així, seria necessari, per tal de poder implementar les estratègies anteriors d'introducció de la impressió 3D a les modalitats formatives, desenvolupar paral·lelament mecanismes de formació pel professorat. Es tractaria fonamentalment de desenvolupar dos tipus de formació orientada al personal docent:

- Coneixements bàsics del funcionament de les impressores 3D, per tal de poder integrar-les a l'àmbit docent com eines d'aprenentatge. Es tractaria de dotar dels coneixements necessaris per fer servir la impressora 3D per realitzar activitats complementàries per exemple a assignatures d'art de secundària o FP.
- Coneixements avançats per tal d'integrar la impressió 3D als currículums educatius, incorporant les especificitats de la impressió 3D per exemple al grau de Màrqueting i Publicitat o generar titulacions amb perfils professionals d'impressió 3D. El professorat de les diferents titulacions necessitarà un suport formatiu per tal de poder impartir docència especialitzada de qualitat.

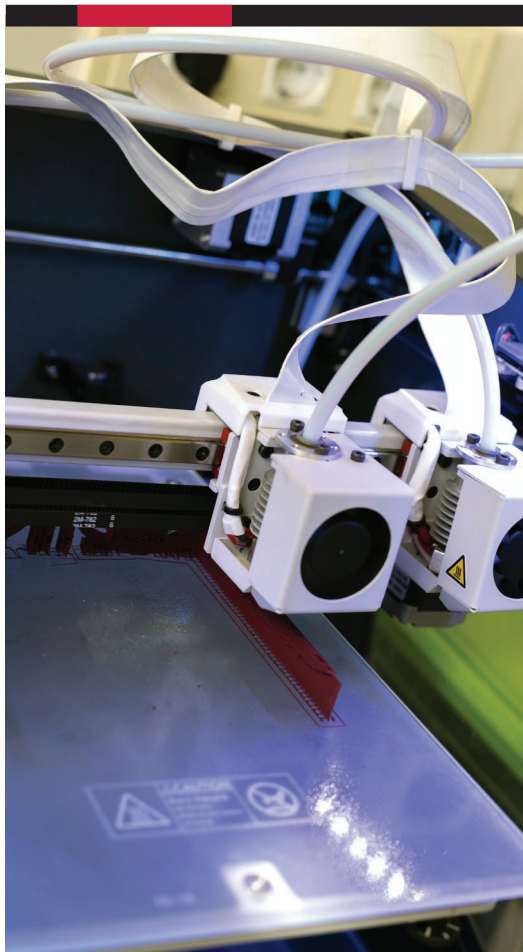
Seria molt interessant comptar amb la col·laboració amb entitats punteres en matèria d'impressió 3D, com per exemple 3D Incubator⁴, a l'hora de dissenyar i implementar iniciatives en aquest sentit. Comptar amb l'experiència i expertesa d'entitats com aquesta sense dubte facilitarà molt el desenvolupament d'iniciatives en aquest sentit.

4.1.6. Institucions que ofereixen formació

Com apunt final, fem un petit recull d'algunes de les organitzacions que ofereixen formació en impressió 3D a Catalunya: l'Agència per a la competitivitat de l'empresa (ACCIÓ), el centre tecnològic Ascamm, els Ateneus de Fabricació, el Citilab, el FabLab Barcelona, Hangar.org, laac, IQS, Leitat, el Museu de la Ciència i de la Tècnica de Catalunya, el Centre d'Art i Disseny Escola Massana, la Universitat Autònoma de Barcelona, la Universitat de Barcelona, la Universitat de Vic, el Centre Universitari de Disseny i Art de Barcelona EINA, la Xarxa Punt Tic, l'Escola Universitària de Disseny Elisava o Tresdenou (Barcelona Activa, 2015).

Cal destacar el Departament de Ciència i Enginyeria de Materials (CEM) de la Universitat Politècnica de Ca-

talunya. Aquest centre, pioner en la recerca respecte a la impressió 3D, compta amb força connexió amb el món de la FP. Acullen becariis i professionals que surten de mòduls com mecanització o modelisme, tenen una estreta relació amb el Consorci per a la Formació Contínua i han participat periòdicament als reptes 24 Hores d'Innovació. Aquesta fundació de l'àmbit públic realitza formació, recerca, munten i gestionen espais de fabricació amb impressió 3D (com els Ateneus de Fabricació Digital o a alguna escola de primària) i compten amb relacions amb empreses, realització d'encàrrecs, etcètera. Treballen amb la lògica de l'open source, de manera que els seus avenços estan disponibles a la xarxa.



⁴ <https://www.incubator3d.org/>

4.2. Altres propostes per impulsar la impressió 3D

Més enllà de la vital adaptació formativa a les necessitats del sector de la impressió 3D, les administracions públiques poden impulsar diverses estratègies complementàries per potenciar-lo. De fet, a aquest estudi s'han identificat limitacions pel desenvolupament del sector molt diverses: falta de coneixement o formació, l'elevat cost inicial i del procés productiu, limitacions tecnològiques i un marc legislatiu antiquat.

L'enquesta a empreses del sector mostra que les administracions públiques són les institucions a les quals es recorre amb menys freqüència per buscar assessorament a l'arrancar un projecte o implantar una nova tecnologia. Aquest fet es podria revertir incrementant la iniciativa pública en relació a aquestes noves tecnologies. La següent figura mostra un recull de propostes en aquesta línia, que a continuació desenvolupem breument:

Figura 43. Altres propostes per impulsar la impressió 3D



Adaptació de la legislació

Molts experts qüestionen que el marc legislatiu actual estigui preparat per fer front als reptes i les incerteses de l'ús de la impressió 3D (Institut Cerdà, 2019). Aquesta falta d'adequació de la normativa vigent amb aquest sector emergent també ha quedat patent al nostre estudi, mentre que altra enquesta realitzada entre organitzacions usuàries de la impressió 3D també mostra aquesta percepció que els marcs legislatius o normatius han d'evolucionar per donar una major cobertura (Santos i García, 2019).

S'argumenta, per tant, que caldria esclarir aquestes incerteses relatives a la propietat intel·lectual i

industrial i al conjunt d'instruments que protegeixen les noves creacions; així com comptar amb procediments clars que garanteixin la traçabilitat (Institut Cerdà, 2019). En aquest sentit, el Fòrum Econòmic Mundial aconsella que les administracions públiques ajudin a proveir un recolzament regulador al creixement de la impressió 3D, ajustant les lleis i reglaments a les especificitats d'aquesta nova realitat o creant de noves, així com desenvolupant programes globals que garanteixin la traçabilitat (World Economic Forum, 2020a).

Més específicament, i a mode d'exemple, altre informe del Fòrum Econòmic Mundial proposa una regulació intel·ligent en termes de construcció en 3D.

Es tracta d'actualitzar regularment les normatives de construcció, desenvolupar estàndards flexibles, col·laborar amb les organitzacions de certificacions privades i amb els proveïdors de tecnologia per tal de definir els estàndards, així com establir processos ràpids i previsibles de permisos i aprovacions (World Economic Forum, 2017).



Estratègia metropolitana per potenciar el sector

Una proposta que hi ha sobre la taula és la col·laboració entre municipis i la creació d'una estratègia metropolitana per potenciar el sector de la impressió 3D per identificar potencialitats i els principals eixos de línies d'acció a impulsar a l'àmbit local (Institut Cerdà, 2019). En aquesta línia, des del Fòrum Econòmic Mundial s'identifiquen com accions aconsellables el desenvolupament d'estratègies nacionals i regionals per potenciar ecosistemes saludables per la impressió 3D, que podrien comptar amb la recollecció i publicació d'estadístiques sobre el sector, la incorporació d'indicadors (relatius al comerç, hàbits, cyberguret...) als processos periòdics de planificació o el desenvolupament de models econòmics per l'adopció d'impressió 3D que ajudin a la presa de decisions (World Economic Forum, 2020a).



Més enllà de la vital adaptació formativa a les necessitats del sector, les administracions públiques poden impulsar diverses estratègies complementàries per potenciar-lo

Hi ha alguns casos d'inversió pública en programes d'implantació de la impressió 3D a nivell estatal, com ara Dubai, si bé en general als països punters aquesta tasca es deixa en mans d'institucions de recerca amb finançament tant públic com privat, com la Fraunhofer Society o el Wyss Institute, que principalment es dediquen a elaborar protocols (OPFAIN, 2016). Als Estats Units, la política del president Barack Obama va consistir en incentivar intensament la impressió 3D amb ajudes directes al sector, formació, etc., al considerar-la un sector estratègic.

El Fòrum Econòmic Mundial, en relació a l'àmbit específic de la impressió 3D al sector de la construcció, proposa que el govern actuï com un planificador i una incubadora amb una estratègia a llarg termini. En aquest sentit, es tractaria de prendre una perspectiva a llarg termini i definir una agenda estratègica d'innovació, invertir en projectes paradigmàtics, habilitar i proveir un finançament inicial, promoure i finançar investigació i activitats de desenvolupament, així com promoure el desenvolupament de construcció innovadora i habilitats digitals. Finalment, les recomanacions apunten també al govern com a generador de projectes de construcció propis. En aquesta línia, es tractaria de desenvolupar les pròpies capacitats i eines per tancar el buit de coneixement relatiu al sector privat i crear una cultura innovadora oberta a nous mètodes i tecnologies. (World Economic Forum, 2017).

A nivell subestatal, a Navarra s'ha desenvolupat un pla d'acció per activar la impressió 3D mitjançant la col·laboració públic-privada en la innovació i formació. Aquest pla inclou per exemple l'organització de jornades o grups de treball per generar i dinamitzar projectes d'innovació i desenvolupament tecnològic (Anait, 2018).

Si bé és cert que les administracions públiques locals compten amb recursos escassos i tenen molts temes prioritaris i que l'escenari ideal seria que l'Estat financés aquest impuls, actualment ja s'estan fent esforços, com des de Promoció Econòmica, Barcelona Activa, el Cibernàrium, els diferents ateneus... Aquesta proposta d'establir una estratègia metropolitana consistiria en conjuminar esforços considerant tots els actors implicats al sector per identificar objectius i línies d'actuació.

Com a elements que podrien resultar rellevants en aquesta estratègia metropolitana, s'han apuntat al nostre estudi l'aposta per la reindustrialització del territori i la diversificació de l'economia, la realització d'un mapeig de les empreses i entitats del sector, així com les seves necessitats, i potenciar la col·laboració entre tots els actors de la cadena de valor (administracions i entitats públiques, empreses, associacions, institucions acadèmiques, etcètera).



Difusió de la tecnologia al teixit empresarial

Al nostre estudi, entre les dificultats trobades a l'hora d'implantar una nova tecnologia, hem vist que un 64% de les empreses enquestades fan referència a una falta d'informació. També a les entrevistes ha si-



gut recurrent l'atllusió a aquesta necessitat d'informació general per mostrar els potencials de la fabricació additiva als diversos negocis existents.

Es proposa per tant una campanya de difusió de la impressió 3D i les seves aplicacions, per tal d'oferir a noves empreses l'oportunitat de considerar la viabilitat de l'adopció d'aquesta tecnologia al seu propi procés productiu.



Jornades per connectar els agents del sector

Vinculat al punt anterior, també s'ha proposat l'organització de jornades divulgatives d'aquesta tecnologia. Aquestes jornades també comptarien amb l'objectiu de connectar tots els agents de l'ecosistema 3D (hubs, empreses, centres d'FP, ciutadania, institucions públiques, etc.).



Accions per impulsar visibilitat i difusió entre alumnat i professorat d'FP (iniciatives tipus Premis FPemprèn, Metròpolis FPLab...)

De cara a fomentar l'interès de l'alumnat envers la impressió 3D, s'ha proposat realitzar xerrades informatives als centres educatius i universitaris, mos-

trant les possibilitats i sortides dels itineraris educatius vinculats. Complementàriament, també s'apunta la necessitat de presentar de forma més atractiva aquesta tecnologia als programes educatius, per tal d'atraure alumnat a aquest tipus de formació.

Per altra banda, també es podrien impulsar projectes per donar més visibilitat al sector o incorporar la impressió 3D a iniciatives existents. En aquesta línia, es tractaria per exemple d'incloure una menció específica a la impressió 3D a les categories dels Premis FPemprèn⁵, o bé fomentar que aquesta tecnologia estigui present tant als reptes com als projectes que ofereixen solucions del Metròpolis FPLab⁶.



Foment del treball en xarxa

Una de cada quatre empreses enquestades identifica la falta d'infraestructures amb maquinària especialitzada entre les dificultats a l'hora d'implantar una nova tecnologia. En la mateixa línia, l'elevat cost inicial s'ha identificat entre les principals limitacions d'aquesta tecnologia. Aquestes barreres d'entrada són especialment limitants per les PIMES, per la qual cosa s'han proposat alternatives de cara a organitzar el procés productiu.

⁵ <https://www.fundaciobcnfp.cat/innovacio/fpemprèn/>

⁶ <https://www.fundaciobcnfp.cat/innovacio/metropolisfplab/>

Així, s'apunta la necessitat de fomentar un treball en xarxa, habilitant aquesta tecnologia de manera descentralitzada i promovent que els centres i empreses comparteixin els coneixements i la maquinària. També es proposa la creació d'espais adaptats i especialitzats per a la co-creació de diferents perfils i temàtiques. L'exemple analitzat a l'estudi de Manufacturing as a Service (MaaS) aniria en aquesta línia, al consistir en un model basat en compartir la infraestructura de fabricació amb un model en xarxa.



Creació de plataforma per serveis d'impressió 3D

Molt vinculat a la proposta anterior de fomentar el treball en xarxa, hi trobem la proposta específica de creació d'una plataforma pública per oferir serveis d'impressió 3D, posant en contacte l'oferta i la demanda a l'estil dels gegants de la venda online. D'aquesta manera, qualsevol persona o empresa podria demanar peces o objectes per imprimir i des de la plataforma es trobaria una empresa adient per imprimir-ho i enviar-ho.



Ajuts a la incorporació de talent industrial (FP i Univ.)

A continuació hi trobem algunes propostes per fer front a l'elevat cost inicial que pot representar l'adopció de la impressió 3D especialment a les PIMES. Es proposa així proporcionar ajuts a la contractació inicial de personal provinent de graus d'FP i de l'àmbit universitari per treballar amb aquesta tecnologia per les empreses que inicien una reconversió.



Subvencions per PIMES i autònoms

Altra proposta per facilitar l'adopció de la impressió 3D consisteix en la provisió de subvencions. De fet, més de la meitat de les empreses enquestades

apunten al poc accés a fonts de finançament a l'hora d'implantar aquesta tecnologia.

Es planteja per tant l'establiment de subvencions per potenciar la reinvençió digital de les PIMES i els autònoms, facilitant l'accés al potencial d'aquesta tecnologia. Aquestes ajudes poden anar destinades a facilitar els primers passos, comprar les tecnologies i assumir la inversió necessària, així com generar l'I+D necessari per seguir impulsant el sector.



Fomentar l'ús de materials sostenibles

Hem vist que un dels potencials de la impressió 3D consisteix en la possible contribució a una economia més sostenible, més eficient, més propera al consum i més neta. Es proposa per tant ajuts per fer servir materials sostenibles i durables, així com per investigar de nous. En aquest sentit, el Fòrum Econòmic Mundial suggereix que es promogui l'ús de materials reutilitzables i reciclables mitjançant polítiques focalitzades mediambientalment en relació a la impressió 3D (World Economic Forum, 2020a).



Impulsar programari lliure

Hem vist que la tecnologia de la impressió 3D permet el treball col·laboratiu i en xarxa. Una proposta en aquesta línia seria l'impuls del programari lliure per la impressió 3D. De fet, l'Ajuntament de Barcelona s'ha sumat al moviment del programari lliure i aposta per l'ús de tecnologies de codi obert amb l'objectiu d'assolir una plena sobirania tecnològica (Ajuntament de Barcelona, 2019a). La implementació consistiria en publicar el programari en repositoris públics amb llicències permissives obertes a administracions, particulars o empreses, amb el conseqüent estalvi en termes de llicències i dependència tecnològica.

En definitiva, tant les propostes d'adequació de l'oferta formativa com la resta, es plantegen per aprofitar la situació actual de Catalunya en general i l'AMB en particular com a pol·lí innovador en impressió 3D. Tenint en compte les previsions de desenvolupament d'aquest sector, quan abans arribin els esforços per promoure el seu desenvolupament, major serà la capacitat del teixit empresarial metropolità per potenciar la seva posició de lideratge al sector, generant llocs de treball de qualitat.

5 BIBLIOGRAFIA

- ACCIÓ (2017a): "Mapeig i anàlisi de la Indústria 4.0 a Catalunya". Generalitat de Catalunya, desembre 2017. Disponible a: https://www.accio.gencat.cat/web/.content/bancconeixement/documents/informes_sectorials/Mapa-Industria40.pdf.
- ACCIÓ (2017b): "Píndola Tecnològica 3D Printing". Generalitat de Catalunya, desembre 2017. Disponible a: <http://www.estudislocals.cat/wp-content/uploads/2018/02/P%C3%ADndola-3D-printing.pdf>
- ACCIÓ (2019a): "La Indústria 4.0 a Catalunya: Píndola sectorial". Generalitat de Catalunya, març 2019. Disponible a: https://www.accio.gencat.cat/web/.content/bancconeixement/documents/pindoles/Industria-4.0_Pindola_Sectorial_2018.pdf.
- ACCIÓ (2019b): "La impressió 3D a Catalunya". Generalitat de Catalunya, octubre 2019. Disponible a: <https://www.accio.gencat.cat/web/.content/bancconeixement/documents/pindoles/3dp-cat.pdf>.
- ACCIÓ (2019c): "El sector smart cities a Catalunya". Generalitat de Catalunya, novembre 2019. Disponible a: <https://www.accio.gencat.cat/web/.content/bancconeixement/documents/pindoles/Smart-Cities-pindola-sectorial.pdf>
- ACCIÓ (2020): "El sector TIC a Catalunya". Generalitat de Catalunya, març 2020. Disponible a: <http://www.accio.gencat.cat/web/.content/bancconeixement/documents/pindoles/TIC-sector-pindola.pdf>.
- Ajuntament de Barcelona (2019a): "Barcelona ciutat digital. La tecnologia al servei de la ciutadania". Balanç del Pla Barcelona Ciutat Digital (2015-2019). Disponible a: https://ajuntament.barcelona.cat/digital/sites/default/files/pla_barcelona_ciutat_digital_ca_1.pdf.
- Ajuntament de Barcelona (2019b): "Ateneus de fabricació: quan la innovació social digital transforma el territori". Barcelona Ciutat Digital, 8 de novembre. Disponible a: <https://ajuntament.barcelona.cat/digital/ca/blog/ateneus-de-fabricacio-quan-la-innovacio-social-digital-transforma-el-territori>.
- AMFG (2020): "40+ 3D Printing Industry Stats You Should Know [2021]". 14 de gener de 2020. Disponible a: <https://amfg.ai/2020/01/14/40-3d-printing-industry-stats-you-should-know-2020-redirect/>.
- AMFG (2019): "5 Examples of How 3D Printing Is Creating New Business Models". 29 de novembre. Disponible a: <https://amfg.ai/2019/11/29/5-examples-of-how-3d-printing-is-creating-new-business-models/>.
- Anait (2018): "Presentado el plan de acción para activar la impresión 3D en Navarra". 3 d'abril. Disponible a: <https://www.anait.es/presentado-el-plan-de-accion-para-activar-la-impression-3d-en-navarra/>.
- Appinions (2014): "3D Printing | An Industry Influence Study". Setembre 2014. Disponible a: [https://cdn2.hubspot.net/hubfs/187731/Content_\(Documents\)/Other_Company_Documents/3D_Printing_Report_by_Appinions.pdf](https://cdn2.hubspot.net/hubfs/187731/Content_(Documents)/Other_Company_Documents/3D_Printing_Report_by_Appinions.pdf).
- Área de Tecnología Educativa (2016): "Orientaciones sobre el uso de la impresora 3D en el aula". Consejería de Educación, Universidades y Sostenibilidad, Gobierno de Canarias. Disponible a: <https://www3.gobiernodecanarias.org/medusa/mediateca/ecoescuela/wp-content/uploads/sites/2/2013/11/manual-de-la-impresora-3d-bq-hephestos-2.pdf>.
- Barcelona Activa (2015): "Impacto y potencial de la impresión 3D en la ocupación. Oportunidades en Barcelona y Cataluña". Ajuntament de Barcelona, octubre 2015.
- Demorest, A. (2020): "Exclusive report: 3D printing trends to watch in 2020". Luxe Packaging Insight. 27 d'octubre. Disponible a: <https://www.luxe-packaginginsight.com/article/exclusive-report-3d-printing-trends-to-watch-in-2020.57459>.
- Digital Future Society (2021): "Faster than the future. Facing the digital age". red.es, Secretaría de Estado, de Digitalización e Inteligencia Artificial, Gobierno de España.
- El País (2021): "El mayor centro de innovación industrial 4.0 del sur de Europa". 13 de juliol. Disponible a: <https://elpais.com/economia/horizonte-4-0/2021-07-13/el-mayor-centro-de-innovacion-industrial-40-del-sur-de-europa.html>.
- EY (2019): "3D printing: hype or game changer? A Global EY Report 2019". Disponible a: https://assets.ey.com/content/dam/ey-sites/ey-com/en_gl/topics/advisory/ey-3d-printing-game-changer.pdf?download.

Fernández, J. (2019): "La fabricación 3D llega a la industria". Expansión, 9 d'octubre de 2019. Disponible a: <https://www.expansion.com/economia-digital/innovacion/2019/08/09/5d4c69cce5fdea-a9578b460b.html>.

Fior, G. (2014): "De la Matemática a la Joya: Un Ejemplo". Blog Impresión 3D a Bajo Costo. Disponible a: https://impresion3denelictp.files.wordpress.com/2014/03/de-la-matemc3a1tica-a-la-joya-un-ejemplo_-gaya-fior.pdf.

Fontrudona, Jordi i Blanco, Raül (2014): "Estat actual i perspectives de la impressió en 3D". Articles d'Economia Industrial, 1. Departament d'Empresa i Ocupació, Generalitat de Catalunya. Disponible a: http://empresa.gencat.cat/web/.content/19_-_industria/documents/economia_industrial/impressio3d.pdf.

Fortune (2021): "Industrial 3D Printing Market Size, Share & Covid-19 Impact Analysis". Disponible a: <https://www.fortunebusinessinsights.com/industry-reports/3d-printing-market-101902>.

Hubs (2020): "3D printing trends 2020. Industry highlights and market trends. Executive summary". Gener 2020. Disponible a: https://downloads.hubs.com/3D_printing_trends_report_2020.pdf.

I-AMdigital (2019): "El mercado de talentos de la impresión 3D en España". 16 de juliol. Disponible a: <https://www.interempresas.net/Fabricacion-aditiva/Articulos/251885-El-mercado-de-talentos-de-la-impresion-3D-en-Espana.html>.

Imprimalia3D (2021a): "Desarrollan el pabellón impreso en 3D más grande del mundo". 8 de juliol de 2021, disponible a: <http://imprimalia3d.com/noticias/2021/07/08/0011615/desarrollan-pabellon-impreso-3d-m-s-grande-del-mundo>.

Imprimalia3D (2021b): "Nissan acelera su línea de montaje con la impresión 3D". 29 de juny de 2021. Disponible a: <http://imprimalia3d.com/noticias/2021/06/29/0011614/nissan-acelera-su-lnea-montaje-impresi-n-3d>.

Imprimalia3D (2021c): "Un patinete eléctrico impreso en 3D a partir de fibra de carbono". 4 de juny de 2021. Disponible a: <http://imprimalia3d.com/noticias/2021/06/04/0011612/patinete-ctrico-impreso-3d-partir-fibra-carbono>.

Imprimalia3D (2021d): "Adidas 4DFWD, las nuevas zapatillas impresas en 3D de adidas". 4 de juny de 2021. Disponible a: <http://imprimalia3d.com/noticias/2021/05/18/0011611/adidas-4dfwd-nuevas-zapatillas-impresas-3d-adidas>.

Institut Cerdà (2019): "Impressió 3D. Tendències, reptes, oportunitats i posicionament". AMB, TROP Aprofundiment NÚM-22, desembre 2019. Disponible a: https://docs.amb.cat/alfresco/api/-default-/public/alfresco/versions/1/nodes/a5a16450-bbd9-42d7-9bd4-68d58c9b1782/content/201912_TROP_Aprofundiment_22.pdf?attachment=false&mimeType=application/pdf&sizeInBytes=1645390.

Laviña, J.; León, G. i Varela, J. (2019): "Innovación Tecnológica y Empleo. Foro de Empresas Innovadoras". Disponible en: http://foroempresasinnovadoras.com/wp-content/uploads/2019/11/Libro-OK_v6-final.pdf.

Leakey, L. i Dzambazova, T. (2014): "Recolección Pre-histórica e Impresión 3D para la Educación". Blog Impresión 3D a Bajo Costo. Disponible a: <https://impresion3denelictp.files.wordpress.com/2014/03/recoleccion3b3n-prehistc3b3rica-e-impresic3b3n-3d-para-la-educac3b3n-leakey-dzambazova1.pdf>.

López, J. (2018): "Fabricación aditiva y transformación logística: la impresión 3D". Oikonomics, Revista de economía, empresa y sociedad, 9: 58-69.

Lütolf, G. (2014): "Uso de Impresoras 3D en la Escuela: La Experiencia de 3drucken.ch". Blog Impresión 3D a Bajo Costo. Disponible a: <https://impresion3denelictp.files.wordpress.com/2014/03/uso-de-impresoras-3d-en-la-escuela-la-experiencia-de-3drucken-ch-gregor-lc3bctolf1.pdf>.

Mind Commerce (2020): "3D Printing Market by Printer Type, Software, Services, Materials, Applications, Industry Verticals, and Regions 2020 – 2025. Description". Disponible a: <https://mindcommerce.com/reports/3d-printing-market/>.

Observatorio de las Ocupaciones (2020): "2020 Informe del Mercado de Trabajo Estatal". Servicio Público de Empleo Estatal, Ministerio de Trabajo y Economía Social. Disponible a: https://www.sepe.es/SiteSepe/contenidos/que_es_el_sepe/publicaciones/pdf/pdf_mercado_trabajo/2020/imt2020_datos2019_estatal.pdf.

Observatorio de las Ocupaciones (2021): "2021 Informe del Mercado de Trabajo Estatal". Servicio Público de Empleo Estatal, Ministerio de Trabajo y Economía Social. Disponible a: <https://sepe.es/dctm/informes:09019ae381a46270/SU5GT1JNR-VM=/3574-1.pdf>.

Oficina de Comunicació (2019a): "Creix un 62% el nombre d'empreses que es dediquen a les 'smart cities' a Catalunya, segons un estudi d'ACCIÓ". Departament d'Empresa i Coneixement, Generalitat de Catalunya. Comunicat de premsa. Disponible a: <https://www.accio.gencat.cat/web/.content/actualitat/docs/2019/NP-Sectorial-Smart-Cities.pdf>

Oficina de Comunicació (2019b): "La consellera Chacón anuncia que a Catalunya hi ha 118 empreses que es dediquen a la impressió 3D que facturen 325 milions d'euros". Departament d'Empresa i Coneixement, Generalitat de Catalunya. Comunicat de premsa. Disponible a: <https://www.accio.gencat.cat/ca/accio/premsa-comunicacio/cercador-premsa-actualitat/article/20193010-Impressio3D>.

OPTFAIN (2016): "Análisis cualitativo del impacto de la Impresión 3D en el sector médico y la reindustrialización". Informe uno. Observatorio Permanente Tíkoa de Fabricación Aditiva e Investigación Neoindustrial.

Pietrosemoli, D. (2014): "Impresión 3D en Instalaciones Artísticas". Blog Impresión 3D a Bajo Costo. Disponible a: https://impresion-3denelictp.files.wordpress.com/2014/03/impresic3b3n-3d-en-instalaciones-artc3adsticas_daniel-pietrosemoli.pdf.

PostProcess (2020): "Annual Additive Post-Printing Survey: Trends Report 2020". Annual Edition 2020. Disponible a: <https://www.postprocess.com/trends-2020/>.

ReportLinker (2020): "3D Printer Manufacturing Global Market Report 2020-30: Covid 19 Growth and Change. Summary", Juny 2020. Disponible a: https://www.reportlinker.com/p05917852/3D-Printer-Manufacturing-Global-Market-Report-30-Covid-19-Growth-and-Change.html?utm_source=GNW.

Santos, D. i García, A. (2019): "Impresión 3D y propiedad industrial e intelectual. Abordando los retos no tecnológicos". Idonial Centro Tecnológico y Fundación COTEC para la Innovación. Disponible a: <https://cotec.es/proyecto/impresion-3d-y-propiedad-industrial-e-intelectual/f382d88e-a652-4488-958c-871456ad6886>.

Saoín, L.; Meier, C.; de la Torre-Cantero, J.; Carbonell-Carrera, C.; Melián-Díaz, D. i Bonnet de León, A. (2017): "Competencia Digital: su relación con el uso y manejo de modelos 3D tridimensionales digitales e impresos en 3D". Edmetec, Revista de Educación Mediática y TIC, 6(2): 27-45. Disponible a: https://helvia.uco.es/bitstream/handle/10396/15276/Edmetec_vol_6_n_2_4.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

Sayol, I. (2021): "La impressió 3D, motor de transformació de la logística". Ignasi Sayol. Disponible a: <https://ignasisayol.com/la-impressio-3d-motor-de-transformacio-de-la-logistica/>.

Sculpteo (2019): "The State of 3D Printing. 2019 Edition". Disponible a: <https://info.sculpteo.com/the-state-of-3d-printing-report?hsCtaTracking=f1d7e126-71e0-48c5-9d82-8949e5eb1c8a%7Ca4c5143e-a07d-4540-bec2-166eb10a2eb7>.

Sculpteo (2020): "The State of 3D Printing. 2020 Edition". Disponible a: <https://pro.sculpteo.com/es/ebooks/state-of-3d-printing-report-2020/>.

Shahrubudin, N.; Lee, T.C. i Ramlan, R. (2019): "An Overview on 3D Printing Technology: Technological, Materials, and Applications". Procedia Manufacturing, 35: 1286-1296.

World Economic Forum (2016): "3D printing: manufacturing on demand". Disponible a: <https://reports.weforum.org/digital-transformation/3d-printing-manufacturing-on-demand/>.

World Economic Forum (2017): "Shaping the Future of Construction Inspiring innovators redefine the industry". Disponible a: http://www3.weforum.org/docs/WEF_Shaping_the_Future_of_Construction_Inspiring_Innovators_redefine_the_industry_2017.pdf.

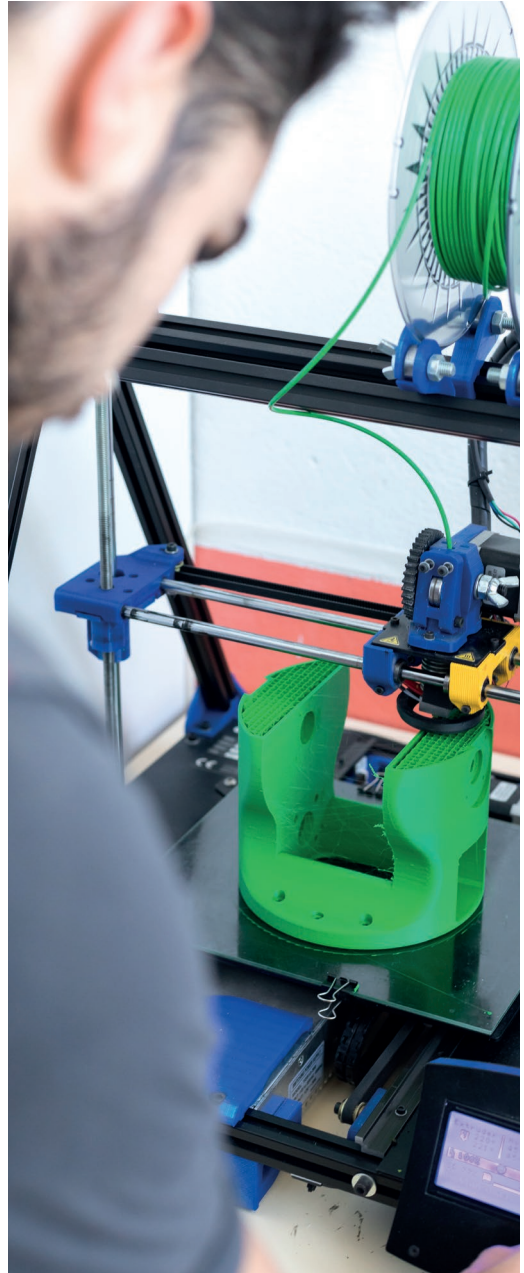
World Economic Forum (2020a): "3D Printing: A Guide for Decision-Makers". White Paper. Gener 2020. Disponible a: http://www3.weforum.org/docs/WEF_Impacts_3D_Printing_on_Trade_Supply_Chains_Toolkit.pdf.

World Economic Forum (2020b): "Mapping Trade-Tech: Trade in the Fourth Industrial Revolution". Insight Report. Desembre 2020. Disponible a: http://www3.weforum.org/docs/WEF_Mapping_TradeTech_2020.pdf.

3DNatives (2021): "Reporte Wohlers 2021: un crecimiento debilitado de la fabricación aditiva". 18 de març. Disponible a: <https://www.3dnatives.com/es/reportes-wohlers-2021-18032021/>.

3DNatives (2020): "Reporte Wohlers 2020: fabricación aditiva y producción en masa". 24 de març. Disponible a: <https://www.3dnatives.com/es/reportes-wohlers-2020-fabricacion-aditiva-produccion-en-masa-24032020/>.

3D Printing Industry (2020): "The Free Beginner's Guide". Disponible a: <https://3dprintingindustry.com/3d-printing-basics-free-beginners-guide/#08-applications>.



A aquest estudi es realitza una radiografia de la situació actual al sector de la impressió 3D, prenent especial atenció a la ciutat de Barcelona i el seu context més immediat. L'objectiu principal és conèixer les necessitats d'aquest sector emergent i plantejar tant estratègies per adequar l'oferta formativa com altres possibles accions o iniciatives.

L'estudi ofereix informació de primera mà sobre la situació, les potencialitats, les tendències i les necessitats actuals i de futur d'aquest sector.

Fundació BCN Formació Professional

Plaça d'Espanya, 5 · 1a planta
08014 Barcelona · Tel. 934 132 101
info@fundaciobcnfp.cat
fundaciobcnfp.cat

Amb la col·laboració de:



Amb el suport de:



3D INCUBATOR //