La fabricació additiva: Una de les emergències tecnològiques de la indústria 4.0 que interessa als estudiants d'enginyeria

Cesc Mestres-Domènech
ESEIAAT. Enginyeria de Projectes i de la Construcció (UPC)

ESEIAAT. Enginyeria Gràfica i de Disseny (UPC)

Jose Luis Lapaz
ESEIAAT. Enginyeria Gràfica i de Disseny (UPC)

Resum

En la següent publicació, es pretén explicar com perceben els estudiants la indústria 4.0 i quin model de fabricació visualitzen durant la seva etapa d'estudis. És evident que els estudiants d'enginyeries industrials estant atents al que succeeix en la indústria 4.0. I aquestes evidències, basades en l'experiència docent, es pot percebre que els estudiants d'enginyeria estant molt atents en les emergències tecnològiques i sobretot en totes les tecnologies digitals que s'utilitzen a la indústria. Un clar exemple ha estat la fabricació digital, basada sobretot de la mà de la fabricació additiva o impressió 3D. Els estudiants han pogut percebre com s'ha democratitzat la fabrica i alhora, han sabut cercar a on accedir a aquestes eines. Alguns d'aquests espais de fabricació digital descoberts, són anomenats espais *makers*. En aquesta publicació, també es vol fer ressò de com han impactat socialment aquests espais de fabricació a les ciutats, quin és el seu origen i com s'estan utilitzant. Però com a reflexió final, s'ha remarcat com els docents hem d'estar atents en mostrar totes les oportunitat que ofereix la convivència d'ambdós escenaris: el de la fabricació digital i el de la fabricació tradicional per resoldre qualsevol dels projectes acadèmics i futurs.

Abstract

In the following post, it aims to explain how students in Industry 4.0 perceive and what manufacturing model they see during their studies. Clearly, industrial engineering students are paying close attention to what's happening in Industry 4.0. And this evidence, based on teaching experience, shows that engineering students are very attentive to technological emergencies and especially to all the digital technologies used in the industry. A clear example has been digital manufacturing, based mainly on the hand of additive manufacturing or 3D printing. Students have been able to see how the factory has been democratized and, at the same time, how to access these tools. Some of these discovered digital manufacturing spaces are called maker spaces. This publication also aims to show how these manufacturing spaces have had a social impact on cities, what their origins are and how they are being used. But as a final discussion, it has been highlighted how teachers must be careful to show all the opportunities offered by the coexistence of both scenarios: that of digital manufacturing and that of traditional manufacturing to solve any of the academic projects and future.

1. La indústria 4.0: Com arriba a la cultura *maker*

Després d'un lleuger interès personal sobre concepte indústria 4.0, i en una forta inquietud en entendre que volia dir exactament, per poder aportar aquest valor a la docència, es van resoldre moltes de les qüestions que es tenien, després de poder coincidir durant la primera jornada del Advanced Factories Congress del 2018, i més concretament d'una de les ponències en que intervé el Dr. Xavier Ferràs.

Ferràs, professor, consultor i divulgador en innovació, estratègia, emprenedoria i gestió de la tecnologia. Doctorat en Business Economics, MBA ESADE i Enginyer en Telecomunicacions, d'una forma molt planera i entenedora, va explicar que és un desplegament industrial 4.0 sota un Keynote anomenat Industria 4.0 i tecnologies exponencials: com impactaran en la societat i en l'economia.

Més o menys, o va introduir d'aquesta manera que s'intenta resumir:

El fenomen Industria 4.0 arriba des d'Alemany on es va batejar com a 4.0, fent ressò a la quarta revolució industrial. Així doncs, quines són les anteriors revolucions? Més conegudes són la primera revolució industrial, on la motorització i els avanços tècnics com la màquina de vapor, van fer anar telers a la bora dels rius, destacat sobretot a Manchester. O la segona revolució industrial, amb la seva fabricació seriada al més estil Fordista. És més recent, i potser menys coneguda, la tercera revolució industrial. Aquesta tercera s'atribueix a la força de la digitalització amb l'arribada sobretot d'Internet.

Així doncs, la quarta revolució industrial es pot entendre com l'impacte de les tecnologies disruptives sobre la fàbrica. Amb algunes amb més força que altres per convertir una fabrica més intel·ligent com l'Internet de les coses (IoT), els sistemes ciberfísics, bigdata, intel·ligència artificial (AI), gestió energètica, Robòtica col·laborativa, la fabricació additiva, etc.

Però d'on ve tot això? Ja fa forces anys que es parlava de la Fabrica Digital. També en altres indrets se la coneix com a Smart Factories, Lean Manufacturing, etc. I de fet, el 4.0 tracte de posar en marxa les fàbriques intel·ligents que alhora estiguin connectades i aprenguin per si mateixes. Tot plegat, pot semblar una pel·lícula de ciència ficció, però tot això a la indústria ja és una realitat.

En definitiva, aquest discurs anterior es veu molt ben descrit i amb precisió a la publicació de The Fourth Industrial Revolution (Schwab, 2016). Schwab és un economista i empresari alemany conegut per ser el fundador del Foro Econòmic Mundial qui explica molt bé quins són els fonament de la digitalització de les fàbriques i cap a on succeeix el futur de la indústria 4.0, 5.0, etc.

Una de les reflexions que es perceben entre els estudiants d'enginyeria és que un dels llocs a on cerquen sobre aquests continguts industrials 4.0 és en els espais maker. Uns espais on tenen a l'abast el primer tast d'aquestes emergències tecnològiques i amb molta força la impressió 3D.

I partint d'aquesta reflexió, es pot qüestionar el que es desenvolupa més endavant en aquesta publicació: Els espais makers han permès democratitzar la fabricació?

2. La impresió 3D ha democratitzat la fabricació

Una de les reflexions que es noten a la docència és com ha captivat tant la impressió 3D en els estudiants i com aquests s'han acostat als laboratoris *maker* per experimentar en aquest model de fabricació (Marcos Bonet, 2016). No només en la impressió 3D, sinó també en altres recursos com el tall làser, la programació lliure amb Arduino, internet de les coses, etc.

La immersió en base a les fonts cercades, s'emmarquen en conèixer l'estat de la qüestió per conèixer alhora quin és l'origen de la cultura *maker*, on succeeix aquest fenomen i per tan quines característiques tenen aquests espais *makers*.

2.1. Quin és l'origen de la cultura *maker*?

Per entendre quin és l'origen de la cultura *maker* és imprescindible conèixer els següents autors que han estat crucials en aquest context contemporani, si més no, en els darrers quinze anys. És imprescindible conèixer les seves publicacions rellevants, ja que són l'enfoc d'investigació:

Neil Geshenfeld, és doctor en física i professor del MIT (Massachusetts Institue of Technology) i director del Center for Bits and Atoms, al mateix MIT. L'any 1998 va impulsar una classe titulada *How to make (almost) anything* on pretenia posar en joc i introduir les diferents tecnologies i màquines industrials als estudiants de perfils tècnics. Sorprenentment, va atraure a moltes disciplines com el disseny, l'arquitectura i l'art. D'aquí neix el concepte FabLab i això succeeix l'any 2001 com un taller a petita escala que ofereix a la gent eines de fabricació digital. Geshenfeld publica *Fab: the coming revolution on your desktop--from*

personal computers to personal fabrication (Gershenfeld, 2005) on explica en detall com succeeix aquesta fabricació personal i en aquesta nova revolució industrial. Ho intenta assimilar a la revolució de la informàtica dels ordenadors personals de la generació anterior. D'aquest fet, se'n fa ressò el *The Economist* (Scan, 2005) amb un article publicat al 2005 amb el mateix títol que va utilitzar Geshenfeld en aquella mítica classe uns anys abans.

Figura 1. FabLab del MIT amb Neil Geshenfeld.
Font: MIT

Chris Anderson, és un emprenedor britànic-americà qui va fundar al 2001 la revista Wired, després de treballar uns anys al *The Economist*. La revista Wired dedica els seus continguts a la cultura *maker*. Anderson co-funda l'empresa 3D Robotics de fabricació de drons de la que actualment n'és CEO. És l'autor del principal llibre que motiva sobretot aquest

apartat de la publicació, *Maker: The new industrial revolution* (Anderson, 2012). En aquest llibre ens endinsem a la cultura *maker*, segons la visió i experiència de l'autor. Pretén doncs analitzar, d'una forma molt global, que està succeint en aquest context on diferents persones es dediquen al disseny i a la fabricació dels seus propis productes. Cal esmentar però, que l'obra és escrita anterior al 2012 i que, per la temàtica que tracta, es poden començar a considerar alguns aspectes obsolets.

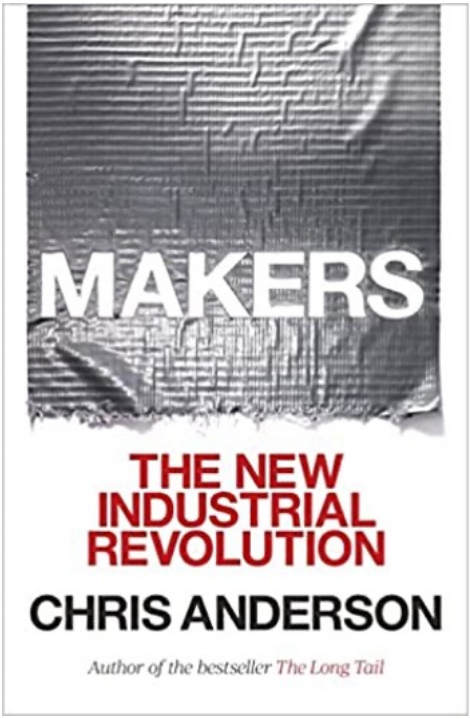

Figura 2. Llibre referent. Maker: the new industrial revolution.
Font: Chris Anderson

Exemples destacats que podem trobar en la publicació com els que fan referència a la democratització de la fabricació, ús a l'entorn més domèstic de les impressores 3D i la utilització de nous programes de disseny obert, poden permetre un nou paradigma a la indústria que alhora es pot entendre com una mena de nova revolució industrial que, fent comparativa a antigues revolucions industrials anteriors, hi ha molta necessitat a entendre cap a on anirà. Així doncs, molts productes es continuaran fabricant a gran escala i globalment, al pur estil fordista (El fordisme fa referència a la producció en cadena que va posar en marxa Henry Ford a la seva fàbrica d'automòbils a la dècada dels 30), però ara hi ha oportunitat de produir localment productes a les nostres pròpies cases amb una filosofia maker. L'autor analitza les conseqüències d'aquest nou paradigma a la societat industrial i com els nous models de negoci estan sorgint en aquest nou context. Com a obra predecessora, per la que potser l'autor és més conegut, tenim *The Long Tail: Why the Future of Business Is Selling Less of More* (Anderson, 2006). En aquesta publicació, l'autor analitza les societats i economies futures cap aquest context més digital, on s'entén que amb l'arribada d'internet, l'economia ja mai més serà la mateixa. Per tan, en tota l'obra es fan successives referencies al terme "*Long Tail*".

Mark Hatch és CEO fins el 2016 de Techshop (San Jose, California). Techshop és el primer, el més gran i popular FabLab del món, del que es van crear mes de deu Techshops semblants per tot Estats Units d'Amèrica fins a la dissolució de la companyia al 2017. Amb la publicació *The Maker moviment manifesto* (Hatch, 2014), l'autor vol profunditzar en el moviment *maker* i d'aquests espais, descrivint amb unes regles o directrius bàsiques per a la innovació per el nou món de dissenyadors, *hackers* i *thinkerers*. Aquestes directrius es descriuen sota aquests principis (pàgines 1-2):

- *Fer o fabricar* (make): Fabricar és fonamental pel què significa ésser humà. Hem de fabricar, crear i expressar-nos per sentir-nos complets. Hi ha quelcom d'únic en el fet de crear coses físiques. Aquestes coses

són com petites parts de nosaltres i semblen encarnar trossos de les nostres ànimes.

• *Compartir* (share): Compartir amb els altres el què has fet i el què saps sobre fabricació és el mètode a través del qual un maker pot assolir un sentiment complet. No pots fer i no compartir.

• *Donar* (give): Hi ha poques coses més desinteressades i satisfactòries que donar alguna cosa que has creat. L'acte de fabricar posa una petita part de tu a l'objecte. Donar això a algú altre és com donar-li a l'altre una petita part de tu mateix. Aquestes coses sovint es converteixen en els objectes més preuats que tenim.

• *Aprendre* (learn): Has d'aprendre per fabricar. Sempre has de buscar aprendre més sobre allò que estàs fabricant. Pots esdevenir un artesà o un mestre, però seguiràs aprenent, voldràs aprendre, et motivaràs a tu mateix per aprendre noves tecnologies, materials i processos. Fer un camí d'aprenentatge continu assegura una vida fabricaire rica i gratificant i, el més important, ens capacita per a compartir.

• *Eines creixents* (Tool up): Has de tenir accés a les eines correctes pel projecte que tens entre mans. Invertir i desenvolupar l'accés local a les eines que necessites per a fabricar allò que vols. Les eines per fabricar mai han sigut tan econòmiques, ni fàcils de fer servir ni més potents.

• *Jugar* (play): Sigues curiós i juga amb allò que estàs fabricant i quedaràs sorprès, excitat i orgullós per allò que descobriràs.

• *Participar* (participate): Uneix-te al moviment i apropa't als que t'envolten i que estan descobrint el plaer de fabricar. Celebra seminaris, festes, events, maker days, fires, exposicions i sopars amb i pels makers de la teva comunitat.

• *Donar suport* (suport): Aquest és un moviment i requereix suport emocional, intel·lectual, financer, polític i institucional. Som la millor esperança per millorar el món i som responsables de crear un futur millor.

• *Canviar* (change): Uneix-te al canvi que es produirà de manera natural a mesura que avances en el teu procés maker. Des de que fabricar és fonamental pel que significa ésser humà, esdevindràs una versió més completa de tu mateix a mesura que fabriques.

Figura 3. Techshop amb Mark Hatch.
Font: Forbes

2.2 Què són els espais *maker*?

Existeixen diferents noms i acrònims sobre la cultura *maker* que caldria també detallar abans d'entrar en qüestions:

Diversos defineixen com a *maker* a la persona que utilitza aquests espais i recursos per crear, fabricar i construir un objecte físic per ús professional o per diversió. Normalment és una persona que té grans habilitats en programació, electrònica, disseny i informàtica.

Entenem per tant un *makerspace* com un espai de treball que agrupa una comunitat de persones que poden cooperar a través d'uns interessos comuns per poder fabricar o crear objectes.

També es coneixen com a FabLabs (acrònim amb anglès de *Fabrication Laboratory*) als tallers o fàbriques a petita escala que posen a disposició de la gent diferents eines de fabricació digital com la impressió 3D i el tall

làser. Aquest nom i filosofia ve de la mà de Neil Gershenfeld descrita en la seva publicació *How to make (almost) anything* (Gershenfeld, 2005), del que actualment existeixen FabLabs arreu de ciutats del món com el FabLab del IAAC de Barcelona (Institute for Advanced Architecture of Catalonia, 2015) o el mateix FabLab del ESEIAAT de l'UPC. Al voltant d'aquesta cultura s'inicia la FabAcademy (Fab Academy, 2017) amb l'objectiu de formar a totes les iniciatives de noves FabLabs que es vulguin crear amb el model descrit a l'acadèmia i que atorgui el diploma de Fab després de sis mesos d'instrucció. El que està oferint bàsicament aquesta formació és entendre una nova manera d'apropar-se al coneixement en les eines tecnològiques d'una forma col·laborativa i oberta. Avui dia hi ha nombroses institucions d'arreu que han estat acreditades les seves competències desenvolupades pel FabAcademy. I és a partir d'aquí, on també apareix una comunitat que es fa dir FabLab Foundation (FabLab Foundation, n.d.) on es pretén aglutinar un directori de FabLabs del món banda de crear aquesta pròpia comunitat.

De fet, com apunta l'autor Eric Joseph Van Holm en la seva publicació What are Makerspaces, Hackersapces and FabLabs (Van Holm, 2015), el mot *makerspace* apareix publicat al 2005 a la revista *Make Magazine* on defineix aquests espais com uns entorns de co-working amb una extensió de l'espai cap a un entorn de producció més professional, més que de hobby, (al contrari dels Hackerspaces que estan focalitzat amb aquest entorn més de hobby de l'informàtica i l'electrònica). L'autor també utilitza molt encertadament l'acrònim MHFL (Makerspace – Hackerspace – FabLab) per descriure a l'espai de característiques comunes.

En l'article *Impact of the FabLab Ecosystem in the Sustainable Value Creation Process* (Osunyomi, Redlich, Buxbaum-Conradi, Moritz & Wulfsberg, 2016) es presenta el resulta de la recerca d'exploració de les eines i tècniques que s'utilitzen en els ecosistemes FabLab per assegurar la seva pròpia sostenibilitat, analitzar el patró de creixement dels FabLabs i finalment descobrir l'impacte socioeconòmic dels ecosistemes FabLabs

a nivell mundial. El resultat ha estat que els FabLabs han estat productius fins a la data, tot i que manté certes limitacions que els fa passar per alguns obstacles per ser més eficaços i tenir noves iniciatives.

És tan el ressò que com apunta també l'autor Van Holm, a molta premsa d'Estats Units destacava la declaració del llavors president Obama, en la que el 17 de junt del 2014 va declarar el "*A day of making*" amb la intenció de mantenir una MakerFair anual a la Casa Blanca.

Cal esmentar que existeix una variant dels FabLabs que són els FabCafe. Els FabCafe son un lloc on els usuaris poden trobar i contractar serveis de recursos de la fabricació digital mentre estan en un entorn compartit de servei de cafeteria oberta també al públic. És un experiment d'espai que va començar al 2012 a la ciutat de Tòquio per posar a prova a usuaris en un cafè on es troben unes impressores 3D i unes màquines de tall làser i, tot creant una comunitat creativa, esbrinar el que es podia arribar fer amb aquestes eines. La diferència principal és que no forma part del model del FabAcademy i no existeix la pertinença obligada, és a dir, no cal pagar una quota concreta anual o mensual per utilitzar el serveis, sino que pot contractar individualment serveis qui vulgui i quan el consumidor ho necessiti. Just al 2016 Aki Kawana va presentar aquest model de FabCafe al Meeting anual Global Science Engangement (Kawana, 2016) per explicar com es feien les coses al Japó. Però és que aquest model de negoci ja ha animat a altres ciutats del món, apart de Tòquio, de les quals s'inclou Barcelona amb el seu FabCafè del MOB-Barcelona (Makers Of Barcelona) (Tham, 2002), de la mà de la Cecilia Tham.

2.3 Qui són els *maker*?

A mode global, la cultura *maker* es considera contemporània i està més o menys basada amb la cultura *do it yourself* (DIY a partir d'ara) o do it with others (DIWO a partir d'ara). DIY correspon al acrònim en anglès *do it yourself* i DIWO a *do it with others*.

Figura 4. MakerFair Barcelona 2018.
Font: 3dnatives.com

Realment, aquest moviment esdevé de la cultura *hacker*. Es pot entendre aquest fenomen tecnològic de la cultura *hacker* a la cultura *maker* com el fet de passar de la producció del bit a la producció de l'àtom, tal i com descriu molt encertadament l'autor (Dr. Manuel Martínez Torán (Universitat Politécnica de València), 2016) en la seva publicació de *Cuadernos de investigación en Juventud: ¿Por qué tienen tanta aceptación los espacios maker entre los jóvenes?*

Com també reflexionava l'autor Van Holm, qui descrivia al *maker* com un "constructor" d'impressió 3D, que fa peces a partir del que troba documentat en una guia on-line, però que també podria ser l'estereotip d'un co-worker que comparteix experiències a l'hora de dinar amb un altre co-worker que és programador informàtic i que està creant un nou servei web. Tal i com apuntava Dale Daugherty, co-fundadora de la *Maker Magazine: al final tots som makers en el nostre dia a dia.*

Els usuaris (*makers*, *fabbers* o *hackers*) d'aquesta cultura, generalment són consumidors de programaris de codi obert per a disseny de serveis o

productes orientats a l'enginyeria, l'electrònica, la robòtica, l'impressió 3D, etc. A la vegada, també es creuen activitats predecessores a aquestes com l'art, la metal•lúrgia, la fusteria, etc., que tradicionalment ja enfocaven el desenvolupament dels seus prototipatges a la cultura DIY però amb altres recursos o tècniques com poden ser el control numèric (CNC), tall de xapa, mecanitzat fusta, pintats, etc. Doncs és en aquesta nova revolució industrial, creuada amb la tradicional industria de processos per a prototipatge, on es planteja la qüestió per aquesta recerca i on es vol sobretot emmarcar la recerca en aspectes socioeconòmics i de consum.

Val a dir, que alhora aquests espais i recursos estan penetrant en entorns educatius universitaris i no universitaris com un fort enfocament per l'ús i aprenentatge de les habilitats tecnològiques que disposa la cultura *maker* (educació en innovació tecnològica i social) qüestió que sembla tenir molt de sentit, per que la cultura maker no deixa de ser un cultiu de talent. Sense anar més lluny, a la ciutat de Rubí (Barcelona) s'ha creat en al Liceu Politècnic de Rubí el primer laboratori d'Europa dins del fenomen FabLab@School (Padilla, 2017). O el propi FabLab Terrassa (ESEIAAT - Universitat Politècnica de Catalunya), on s'ha creat com a laboratori de producció 3D amb l'objectiu d'impulsar la creativitat i l'emprenedoria entre els estudiants i la universitat per desenvolupar projectes propis.

Sense desentendre aquesta vessant educativa dels FabLab en entorns educatius, l'estat de la qüestió es vol emmarcar i focalitzar amb l'impacte que estan dibuixant els espais *maker* en aspectes més econòmics-socials per al disseny industrial i en concret, per la producció de prototipatge.

2.4. Ens trobem amb una democratització de la fabricació?

Prenen com a referència el propi títol del treball de final de carrera de Sandra Marcos, graduada en humanitats, *Els nous inventors: de la fàbrica a la sala d'estar* (Marcos Bonet, 2016), es pot entendre que la fabricació ha arribat a casa i que tothom es podrà fabricar el que vulgui sense haver de recorre a l'industrial per tal que l'hi subministri un producte en concret. El model productiu s'ha democratitzat i la cultura *maker* aposta per un model de fabricació personalitzada on ja no caldran les cadenes de distribució i logística. I finalment tot aquest model, és molt més sostenible.

De fet, en el *Maker Movement Manifesto* de Mark Hatch (Hatch, 2014) es descriu el moviment maker com un canvi de model productiu en el món. Hatch ho descriu sota el paraigües dels FabLabs, que no es ben bé portar la fàbrica a la sala d'estar, com s'ha comentat anteriorment, sinó que més aviat és una forma molt democràtica de portar la fàbrica a la ciutat (a través dels ateneus, universitats, espais de co-working, etc.) i en definitiva a tota la gent que forma aquesta societat.

Com s'ha esmentat al inici d'aquest capítol, Mark Hatch descriu els FabLabs amb unes directrius molt clares que es descriuen sota aquests titulars: Fer, compartir, donar, aprendre, equipar, jugar, participar, recolzar i canviar. En aquesta, dirigida a *makers*, dissenyadors i emprenedors, es mostra com qualsevol persona pot desenvolupar i crear productes, aportant canvis positius en la societat i obtenint alhora un benefici econòmic. Si més no, es planteja un nou model de negoci en la fabricació de productes que sembla que pot revolucionar la societat, i aquesta és justament la proposta de valor que defensen aquests autors.

No obstant, com també apuntava l'autor Van Holm, no existeix encara un directori o xarxa clara on trobar-se tots els usuaris MHFL, al qual sigui necessari registrar-se per compartir experiències i materials amb característiques sense ànim de lucre. Només han aparegut alguns

portals web com hackerspace.org, makerspece.com o FabLab.io, que son directoris embrionaris de material on-line.

Fent una mirada més antropològica del futur de la fabricació, Joan Vinyets, doctor en antropologia i dissenyador industrial, analitza com la cocreació en la indústria tradicional pot ésser una palanca d'innovació basada en antecedents i experiències. Aquest paradigma ja ho va explicar fa anys en un article de la Revista d'Etnologia de Catalunya que titula justament: *Cocreació* (Vinyets, 2012). Vinyets proposa en un model de la producció industrial, un context i una praxis molt animada en els espais *maker* com és de la co-creació o el disseny col·laboratiu. En aquesta línia més antropològica proposada per innovar, potser no estan tan desalineats ambdós models de producció, el més tradicional i el més cosmopolita que podem trobar en un espai maker.

En la mateixa línia, el programa de divulgació científica El dia de demà: El Treball (Puigbo, 2017) de la CCMA (Corporació Catalana de Mitjans Audiovisual S.A. – Televisió de Catalunya) que esta dedicat en especial al treball del dia de demà, van pretendre ser especulatius amb el que succeirà al 2050. En aquest programa apuntaven els diferents experts (Simon Dolan (Doctor en recursos humans i expert en psicologia del treball), Sala Berebel (Doctora en psicologia social, especialista en polítiques d'igualtat d'oportunitats) i Vicent Borràs (Doctor en sociologia i llicenciat en ciències de l'educació), que en aquesta data succeirà una quarta revolució industrial, que tindrà forces conseqüències pels canvis tecnològics com la impressió 3D, la robòtica, la genètica, la intel·ligència artificial, etc., que alhora faran desaparèixer al món uns 7.000.000 llocs de treball, alhora que apareixeran nous oficis que remuntaran 2.000.000 de llocs de treball nous. La tendència és doncs la de generar tasques de treball menys avorrides, més creatives i més estimulants. Sense cap mena de dubte, alguns d'aquests canvis tecnològics estan succeint democràticament d'una forma encara embrionària en els makerspaces, de la mateixa forma que a la indústria més tradicional.

2.5 Quin és el futur de la producció de coses?

Venim d'un retruc d'una segona revolució industrial marcada per fets com la fabricació seriada al pur estil *fordista*. La tercera revolució industrial està passant per una democratització de la producció, on sembla que es planteja una indústria sense estocs i més sostenible.

Possiblement el futur de la indústria no està pensant amb un canal basat en els *makerspaces*, però segurament, algun impacte haurà de tenir, per que hi ha alguns aspectes que van molt alineats.

En els passat congressos sobre Industria 4.0 (Advances Factories Congress), es van detectant moltes tendències actuals i es veuen cap a on està encaminant el futur de la producció de productes. Ja es van denotar monogràfics destacables sobre la indústria basat amb el IoT (Internet of Thinks o Internet de les coses), però alhora convivències comunes a la tendència sobre la indústria i els espais *makers* com la revolució de la impressió 3D en tots els seus formats, robòtica, làser, CNC, etc.

Focalitzant amb la tècnica més utilitzada en els makersapaces, la impressió 3D, els autors de 3D *Printing disrupts manufacturing: How economies of one create new rules of competition* (Petrick & Simpson, 2013) entenen que la impressió 3D canvia el model de disseny també 3D, i que creix la interacció entre el disseny i la producció, ja que el dissenyador és el precursor de la producció durant el disseny CAD/CAM (CAM és un acrònim en anglès de Computer Aided Manufacturing. Disseny assistit per a la fabricació que permet configurar des d'una computadora les diferents estratègies de mecanitzat, robotització, trajectòries tall làser, etc., així com la impressió 3D). De fet, això és el que s'anomena DFM (Design For Manufacturing) que ara sembla que s'ha evidenciat més amb la impressió 3D i el model digital CAD que es fabricarà. Per a novells dissenyadors, molts d'ells estudiants d'enginyeria, és molt interessant poder fabricar un únic producte personalitzat amb un programa de CAD i que per la tècnica d'impressió de capes sigui suficient per resoldre'l.

Aquesta estratègia ha canviat notablement per que ja no han de pensar amb tècniques de fabricació d'extracció de material amb les restriccions de disseny basades amb els processos tradicionals.

Petrick i Simpson expliquen també que això no ve de nou. La impressió 3D fa dues dècades es denominava Rapid Prototyping, amb les seves diferents tecnologies. I finalment ha evolucionat l'argot cap a Additive Manufacturing, més utilitzat en la indústria, o 3D Printing com el coneixem més popularment. Destaca també que la tècnica d'impressió 3D és la més popular que es pot trobar en els FabLabs és la de fabricació additiva de capes de plàstic fos, majoritàriament de polímer ABS o polímer reciclat PLA.

Figura 5. Startup MakerBot 2009, l'inici de la impressió 3D domèstica.
Font: Makerbot

La revolució del Rapid Manufacturing va arribar sobretot de la tècnica de la estereolitografia (STL) que és una fabricació additiva molt més professional i tècnicament funcional, que permet crear peces a partir de

la solidificació i difusió d'àtoms de pols polimèrica o metàl·lica (sinterització). En aquesta última tècnica hi ha un ventall molt més ampli de materials a utilitzar, però s'ha de considerar que la inversió en equips i infraestructura és possiblement deu vegades més cara que el cost d'una impressora 3D d'escriptori.

Tots aquests referents es plantegen com serà aquest nou panorama. Com afectarà en les fases de prototipatge de propostes de producte i/o serveis. Son conscients que jugaran un paper rellevant els projectes iniciats per emprenedors en els espais *maker* i la indústria de futur és també conscient que en aquests espais existeix un caldo de cultiu d'innovació. Com apunten alguns autors, els espais *maker* estan alineats amb els recursos que s'estan oferint i proposant a la nova indústria i aquest fet pot generar un impacte econòmic depenent de si existeix o no una rellevància entre ambdós contextos.

Cal esmentar que cada vegada més les empreses son proactives amb la gestió ambiental, i la consciència *maker* és una avantatge. Realment hi ha una creixent evidència que les empreses que adopten estratègies en la gestió ambiental, seran més eficients i competitives. En un article de l'Academy of Management, *Proactive corporate environmental management: A new industrial revolution* (Berry & Rondinelli, 1998) es planteja que aquesta pro activitat de la gestió ambiental passa per la nova revolució industrial. En un model digital i sense estocs és més fàcil transportar bits que àtoms i, per tant, es pot entendre com un model molt més sostenible.

3. Conclusió: La fàbrica digital atrau

Sense cap mena de dubte, la fabricació digital atrau. Es denota l'entusiasme dels estudiants en els escenaris de treball més digitals. El fet és que resulta molt satisfactori poder experimentar i materialitzar amb àtoms allò virtualment que prototipen en dades, a través d'un arxiu CAD construir una maqueta en impressió 3D, a través de programar un script

d'Arduino que controli un robot DIY, després de dissenyar un contorn vectorial per ser traçat a làser i poder construir un packaging, etc.

Realment, tenir tastar aquestes opcions i eines que fa anys només estaven a disposició de la indústria més potent, és tot un luxe per l'estudiantat. D'aquesta forma, poder aproximar-se en l'època acadèmica a la fabrica digital comporta un aprenentatge més potent.

Val a dir que també existeix una contrapartida amb tota aquesta eufòria. No és molt sovint, però succeeix a les aules, que enamora menys els processos industrials tradicionals per materialitzar els seus projectes. En aquest sentit, segurament els docents hem d'estar atents a poder explicar totes les oportunitats industrials que existeixen, les més emergents i les encara utilitzades produccions tradicionals. Per que segurament, i així s'afirma a la indústria, molts dels processos tradicionals no estan obsolets i alguns continuen creixent. Per les oportunitats que ofereixen i per resoldre les limitacions que tenen les tecnologies emergents.

Referències

Anderson, C. (2006). *La economía Long Tail* (2009th ed.; E. Urbano, Ed.). Barcelona: Empresa Activa.

Anderson, C. (2012). *Makers: The New Industrial Revolution*. Random House, 00(00), 275. https://doi.org/10.1093/jdh/ept048

Berry, M. A., & Rondinelli, D. A. (1998). Proactive corporate environmental management: A new industrial revolution. *Academy of Management Perspectives*, 12(2), 38–50. https://doi.org/10.5465/AME.1998.650515

Fab Academy (2017). *Fab Academy*. Retrieved June 1, 2017, from http://fabacademy.org/

FabLab Foundation. (n.d.). *FabLabs.io*. Retrieved March 23, 2017, from https://www.fablabs.io/

Gershenfeld, N. A. (2005). *Fab: the coming revolution on your desktop--from personal computers to personal fabrication*. Basic Books.

Hatch, M. (2014). The Maker Movement Manifesto. *The Maker Movement Manifesto*, 1–31. https://doi.org/10.1162/INOV_a_00135

Institute for Advanced Architecture of Catalonia. (2015). *Fab Lab Barcelona*. Retrieved March 23, 2017, from Fablabbcn website: http://fablabbcn.org/

Kawana, A. (2016). *FabCafe: The Creative Innovation Network*. Retrieved from https://aaas.confex.com/aaas/2016/webprogram/Paper18564.html

Marcos Bonet, S. (2016). *Els nous inventors: De la fàbrica a la sala d'estar. Un estudi de la comunitat maker a través de quatre espais de la ciutat de Barcelona*. Retrieved from http://hdl.handle.net/10609/58065

Martínez Torán, M. (Universitat Politécnica de València). (2016). Por qué tienen tanta aceptación los espacios maker entre los jóvenes. *Cuadernos de Investigación En Juventud*, 1(2530–0091), 17.

Osunyomi, B. D., Redlich, T., Buxbaum-Conradi, S., Moritz, M., & Wulfsberg, J. P. (2016). *Impact of the Fablab Ecosystem in the Sustainable Value Creation Process*. Retrieved from https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2733931

Padilla, B. (viaempresa). (2017). *Una escola en un laboratori*. Retrieved March 21, 2017, from viaempresa website: http://www.viaempresa.cat/ca/notices/2017/02/una-escola-en-un-laboratori-24096.php

Petrick, I. J., & Simpson, T. W. (2013). Point of View: 3D Printing Disrupts Manufacturing: How Economies of One Create New Rules of Competition. *Research-Technology Management*, 56(6), 12–16. https://doi.org/10.5437/08956308X5606193

Puigbo, J. (2017). *El dia de demà: El treball*. Retrieved June 8, 2017, from http://www.ccma.cat/tv3/alacarta/el-dia-de-dema/el-treball/video/5664488/

Scan, B. (2005). *How to make (almost) anything* | The Economist. Retrieved March 21, 2017, from The economist website: http://www.economist.com/node/4031304#print

Schwab, K. (2016). *The Fourth Industrial Revolution*. New York, New York, USA: Crown Business.

Tham, C. (2002). *Makers Of Barcelona*. Retrieved March 23, 2017, from mob-barcelona website: http://www.mob-barcelona.com/

Van Holm, E. J. (2015). What are Makerspaces, Hackerspaces, and Fab Labs? *SSRN Electronic Journal*. https://doi.org/10.2139/ssrn.2548211

Vinyets, J. (2012). Cocreació: La mirada antropològica: una palanca d'innovació. Antecedents i experiències en la seva praxi. *Revista d'etnologia de Catalunya*, 0(38), 66–75.