
Introducció a la indústria 4.0

PID_00261473

Joan Melià Seguí
Pere Tuset Peiró

Temps mínim de dedicació recomanat: 1 hora



Joan Melià Seguí

Pere Tuset Peiró

L'encàrrec i la creació d'aquest recurs d'aprenentatge UOC han estat coordinats per la professora: Amalia Susana Creus (2019)

Primera edició: febrer 2019
© Joan Melià Seguí, Pere Tuset Peiró
Tots els drets reservats
© d'aquesta edició, FUOC, 2019
Av. Tibidabo, 39-43, 08035 Barcelona
Disseny: Manel Andreu
Realització editorial: Oberta UOC Publishing, SL

Cap part d'aquesta publicació, incloent-hi el disseny general i la coberta, no pot ser copiada, reproduïda, emmagatzemada o transmesa de cap manera ni per cap mitjà, tant si és elèctric com químic, mecànic, òptic, de gravació, de fotocòpia o per altres mètodes, sense l'autorització prèvia per escrit dels titulars del copyright.

Índex

Introducció	5
1. Definició d'<i>indústria</i> i classificació	7
2. Evolució històrica de la indústria	10
2.1. Primera revolució industrial (1760-1840)	11
2.2. Segona revolució industrial (1870-1914)	11
2.3. Tercera revolució industrial (1947-2010)	11
3. Indústria 4.0: evolució o revolució?	12
4. Arquitectures de referència de la indústria 4.0	15
Bibliografia	16

Introducció

La indústria és l'activitat socioeconòmica que transforma matèries primeres en productes, i ho fa utilitzant fonts d'energia, maquinària especialitzada i un conjunt de recursos humans. La indústria és un dels motors de l'economia, i les diferents etapes o «revolucions industrials» han marcat el pas de les societats que les han liderat. Actualment, els avanços tecnològics en camps com la integració electrònica, les comunicacions i els processos productius estan definint el que des de diferents sectors ja es denomina *quarta revolució industrial* o *indústria 4.0*. Aquesta revolució es caracteritza per la integració de diferents tecnologies que permetran un canvi de paradigma al món industrial.

1. Definició d'indústria i classificació

El concepte d'indústria es defineix com l'activitat socioeconòmica que té per objecte transformar matèries primeres en productes, tant semielaborats com elaborats, fent servir fonts d'energia, maquinària especialitzada i un conjunt de recursos humans. La indústria és un dels motors de l'economia d'una societat moderna i la seva activitat se sol organitzar en forma d'empresa. Al seu torn, les empreses es poden classificar segons el seu àmbit d'especialització.

A grans trets, l'activitat industrial es pot classificar en indústria pesada, indústria lleugera i indústria de serveis, en funció del tipus de producte que genera.

En primer lloc, la **indústria pesada** utilitza matèries primeres, màquines especialitzades i energia per crear productes semielaborats que són emprats com a matèries primeres en indústries d'altres sectors. Per exemple, les empreses de la indústria siderúrgica es dediquen a la transformació de metalls, com el coure o l'alumini, que posteriorment són utilitzats per altres indústries.

Figura 1. Exemple d'indústria pesada: alts forns per a la fabricació d'acer



Font: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hoogovens.JPG>

En segon lloc, la **indústria lleugera** s'encarrega de transformar matèries primeres o productes semielaborats en productes orientats al consum de les persones i empreses de serveis. Per exemple, les empreses de la indústria aeroes-

Recorda

És important destacar que al llarg de l'assignatura fem servir el concepte d'indústria en el sentit més ampli de la paraula. És a dir, considerem indústria tant la transformació de matèries primeres en productes semielaborats com la prestació de serveis a altres empreses.

Nota

Els productes semielaborats són aquells que es venen a altres empreses per a la seva utilització en un altre procés industrial. En canvi, els productes elaborats són aquells que es venen a clients finals, tant per a la seva integració com per al seu ús final.

pacial es dediquen al disseny i la construcció d'aeronaus. Aquestes empreses utilitzen productes semielaborats per a la fabricació de les aeronaus.

Figura 2. Exemple d'indústria lleugera: màquina per a imprimir etiquetes



Font: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Pad_printing_machine.JPG

Finalment, la **indústria de serveis** utilitza matèries primeres i productes elaborats per prestar serveis a altres empreses. Per exemple, en l'àmbit aeroportuari s'utilitzen vehicles desenvolupats per empreses del sector aeroespacial, així com combustible elaborat per empreses de la indústria petroquímica a partir de matèries primeres, per transportar persones o béns.

Una altra manera de classificar les indústries és segons el tipus de procés que realitzen a l'hora de dur a terme la transformació de les matèries primeres en productes elaborats o semielaborats. A grans trets, podem dividir els processos de producció industrial en continus, per lots o discrets, tal com es descriu a continuació.

Els **processos de fabricació continus** són aquells en els quals les matèries primeres es transformen per mitjà d'un flux continu i de manera seqüencial sense interrupcions temporals. Un exemple de procés continu és l'obtenció de gas natural liquat a partir de la matèria primera extreta dels pous de reserva. En aquest procés, s'eliminen les impureses i altres hidrocarburs no metàl·lics seguint diferents passos, tals com la condensació, l'absorció i la mescla amb carbó activat, entre d'altres.

En canvi, els **processos de fabricació per lots** (de l'anglès, *batch*) són aquells en els quals les matèries primeres es processen per conjunts discrets i de manera seqüencial sense interrupcions temporals. Un exemple d'aquest tipus de processos és la fabricació de pintura, en la qual es realitza un *tiratge de color* per produir un cert volum de pintura d'un color determinat. Cada pas es duu a terme de manera consecutiva i, en completar la producció d'un lot, la maquinària se sotmet a un procés de neteja i configuració abans de procedir a la fabricació del següent.

ISA-88

Els processos de fabricació per lots es troben definits a la norma ISA-88, que va ser aprovada per la ISA l'any 1995 i adoptada per la IEC l'any 1997 per mitjà de l'estàndard 61512-1.

Finalment, els **processos de fabricació discrets** són aquells en els quals les matèries primeres es processen per conjunts discrets i de manera no seqüencial. En el cas extrem, les matèries primeres es poden processar de manera unitària i amb interrupcions temporals que poden ser de l'ordre de dies en funció del volum i la seva complexitat. Un exemple d'aquest tipus de processos és la fabricació de cotxes, en la qual cada peça que compon el vehicle s'aconsegueix a partir de la combinació d'altres peces, i el vehicle final s'obté a partir del muntatge d'aquestes.

Habitualment, els processos de producció continus i per lots estan associats a procediments de transformació físico-químics, en els quals no és possible descompondre el producte final en els seus materials primers. En canvi, els processos de producció discrets es relacionen amb productes complexos, en els quals el procés s'organitza en línies de muntatge que s'encarreguen de l'assemblatge de les peces individuals per conformar el producte final.

Tot i que tots els processos de fabricació es basen en la divisió del treball i en l'automatització en la mesura del possible, comparant els diferents procediments és fàcil veure que cada mètode de producció presenta avantatges i inconvenients. Per exemple, si comparem la producció contínua amb la producció per lots, veiem que aquesta última permet reduir els costos globals de maquinària, ja que amb una sola línia de producció es poden fabricar diferents versions del mateix producte. En canvi, la fabricació per lots presenta ineficiències temporals respecte a la producció contínua, que es coneixen com a *temps morts* i que deriven del canvi de producció (neteja de la maquinària, canvi de configuració, etc.).

Així doncs, els sistemes de producció d'una empresa s'organitzen segons el procés que realitzen per transformar les matèries primeres en productes o productes semielaborats. En concret, per a cada producte o producte semielaborat, l'empresa escollirà el mètode de fabricació que s'ajusti millor a les necessitats de la producció, tenint en compte especialment l'estructura organitzativa de l'empresa i el sistema de costos del producte que s'ha de fabricar.

ISA-95

L'organització dels elements d'un procés de producció, ja sigui continu, per lots o discret, es defineix a la norma ISA-95. Aquesta norma determina una terminologia que és la base per a les comunicacions entre proveïdor i fabricant, i també proporciona models arquitectònics i de gestió de la informació per a la seva aplicació en processos de fabricació.

2. Evolució històrica de la indústria

Històricament, la indústria ha estat causa i conseqüència al mateix temps del progrés de la humanitat en general i del de cada societat en particular. Per tant, no es pot entendre la societat actual sense entendre l'evolució de la indústria al llarg del temps i en els diferents països. Al seu torn, l'evolució de la indústria no es pot comprendre sense el desenvolupament dels coneixements científicotècnics i dels processos d'innovació i empenedoria lligats a aquests.

D'una banda, els coneixements científics han permès una millor comprensió del món que ens envolta i del seu funcionament. Per exemple, els treballs científics en el camp de la termodinàmica a mitjan segle XVII van ser claus per al desenvolupament teòric i la posterior construcció del primer motor tèrmic, que permetia la conversió d'energia calòrica en energia mecànica mitjançant un procés de combustió.

D'altra banda, l'aplicació pràctica dels coneixements científics ha possibilitat el desenvolupament de tecnologies que ens permeten controlar el món que ens envolta. Per exemple, l'aplicació de la teoria general de la relativitat, desenvolupada per Albert Einstein a principis del segle XX, és clau per a la compensació temporal que permet el correcte funcionament d'un sistema de posicionament global com el GPS (de l'anglès, *global positioning system*).

Finalment, els processos d'innovació i empenedoria són els que permeten fer arribar a la societat els avanços científicotècnics en forma de producte o servei. Seguint l'exemple anterior, són moltes les empreses que actualment ofereixen productes i serveis basats en el funcionament del GPS. Per exemple, empreses del sector logístic poden optimitzar les rutes dels vehicles en temps real en funció de la seva posició i de l'estat del trànsit.

Així doncs, al llarg de la història, la indústria i la societat han anat passant per diferents etapes en funció dels avanços científicotècnics. Avui dia és àmpliament acceptat un model compost per tres revolucions industrials marcades per tres avanços científicotècnics destacats: la màquina de vapor, l'electricitat i el microprocessador.

A continuació, repassem breument les diferents revolucions industrials que ha viscut la societat i les fites que han marcat el seu desenvolupament.

2.1. Primera revolució industrial (1760-1840)

La primera revolució industrial va tenir lloc entre els segles XVIII i XIX, bàsicament a Europa i Amèrica, i va permetre el pas de la producció manual a la mecanitzada. Durant aquest període es va evolucionar d'una societat eminentment rural i centrada en l'agricultura a una societat urbana i industrialitzada. L'aparició de la màquina de vapor va impulsar el desenvolupament del transport (ferrocarril i embarcacions) i d'indústries com la tèxtil.

2.2. Segona revolució industrial (1870-1914)

La segona revolució industrial va tenir lloc entre mitjan segle XIX i principis del XX. L'expansió de les indústries de l'acer i el petroli, així com l'ús de l'electricitat, van facilitar un augment en la productivitat. Altres desenvolupaments tecnològics de la segona revolució industrial són el telèfon, la bombeta o el motor de combustió interna.

2.3. Tercera revolució industrial (1947-2010)

La tercera revolució industrial, que es va produir a partir de la segona meitat del segle XX, va consistir en el pas del control de dispositius mecànics per mitjà de l'electrònica analògica a l'electrònica digital i les telecomunicacions en l'era del silici.

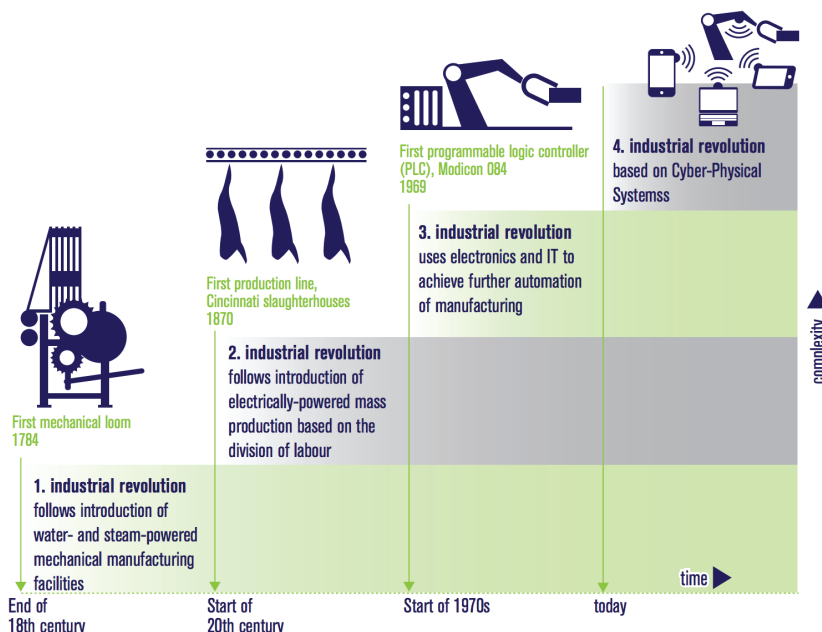
3. Indústria 4.0: evolució o revolució?

Com hem vist a l'apartat anterior, el model clàssic d'evolució històrica de la indústria està constituït per tres revolucions industrials. La primera, entre el segle XVIII i el XIX, es va basar en l'aplicació de la màquina de vapor. La segona, entre mitjan segle XIX i principis del XX, es va basar en l'aplicació de l'electricitat i la divisió del treball. Finalment, la tercera revolució industrial, des de mitjan segle XX fins a l'actualitat, es basa en l'aplicació de les tecnologies digitals en l'automatització de processos.

Tenint en compte aquesta evolució històrica i el context actual, molts intel·lectuals i tecnòlegs coincideixen a afirmar que ens trobem en un moment de canvi a causa de l'aplicació de les noves tecnologies digitals en l'àmbit industrial. Si bé aquestes tecnologies digitals, com l'ordinador personal i internet, van néixer i van evolucionar com a part de la tercera revolució industrial i ja fa anys que són entre nosaltres, la seva aplicació en l'àmbit de la indústria suposa un canvi substancial en la manera de concebre, dissenyar, fabricar i vendre els productes i serveis.

En aquest sentit, el concepte de **quarta revolució industrial** o **indústria 4.0** és relativament nou. El primer document que el va introduir, el 2013, va ser *Recommendations for Implementing the Strategic Initiative Industrie 4.0* (Kagermann i altres, 2013), del German Research Center for Artificial Intelligence (DFKI), en el qual els responsables, a més d'utilitzar aquest concepte per primera vegada, proposen el full de ruta que ha de seguir la indústria alemanya per a liderar-la.

Figura 3. Les etapes de les quatre revolucions industrials



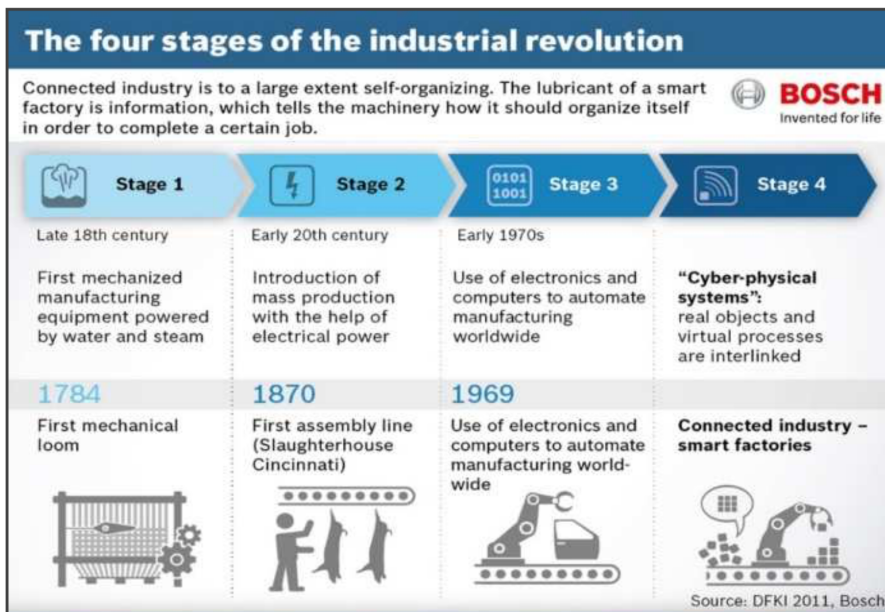
Font: Kagermann i altres (2013). *Recommendations for Implementing the Strategic Initiative Industrie 4.0. Final Report of the Industrie 4.0 Working Group*

Així doncs, en aquest document del DFKI es proposa de manera implícita un model de quatre revolucions industrials, en el qual es considera que la quarta revolució industrial forma part d'un procés d'evolució natural basat en l'aplicació de les tecnologies digitals. D'aquesta manera, no es tracta d'una revolució provocada per una tecnologia o un desenvolupament concrets, com en les anteriors, sinó més aviat d'una evolució basada en la combinació de diverses tecnologies que ja existeixen avui dia.

En aquesta línia, Klaus Schwab (2017), en el llibre *La quarta revolució industrial*, exposa que els motius pels quals el ventall de tecnologies que conformen la indústria 4.0 està provocant una nova revolució industrial són tres: la velocitat, l'abast i l'impacte. Si bé aquest model de quatre revolucions, inicialment proposat i amb més presència a Europa, ha anat guanyant acceptació a escala internacional, no està acceptat universalment ni és l'únic que s'utilitza per descriure la situació actual de la indústria.

Per exemple, Jeremy Rifkin (2011) considera que la tercera revolució segueix vigent perquè es continua utilitzant el mateix model energètic, basat en els combustibles fòssils. Per la seva banda, Chris Anderson (2010) pensa que les dues primeres revolucions formen part d'una única revolució industrial clàssica i que la tercera i la quarta són la nova revolució industrial, la base de la qual són les noves tecnologies i els sistemes ciberfísics. Finalment, Peter Marsh considera que estem entrant en la cinquena revolució, ja que per a aquest autor, la primera revolució industrial ha de dividir-se en dues per donar entitat a l'aplicació de la màquina de vapor en el transport.

Figura 4. La visió de Bosch sobre les etapes de la revolució industrial



Font: Kagermann i altres (2013). *Recommendations for Implementing the Strategic Initiative Industrie 4.0. Final Report of the Industrie 4.0 Working Group*

De fet, en alguns casos fins i tot es parla d'una única revolució industrial amb quatre etapes. Per exemple, la visió de Bosch sobre el model plantejat per la DFKI descriu una única revolució industrial de quatre etapes (vegeu la figura 4).

Independentment del nom i del nombre d'etapes que s'utilitzen per referir-se a aquest procés de transformació tecnològica de la indústria, sembla que el que sí que tenen clar els experts és que l'aplicació de les noves tecnologies digitals en l'àmbit industrial suposa un canvi substancial en la manera de concebre, dissenyar, fabricar i vendre els productes i serveis, tal com veurem més endavant.

4. Arquitectures de referència de la indústria 4.0

Diferents països i regions del món també han presentat iniciatives similars i intenten posicionar-se per ser competitius en el nou escenari que es planteja. L'any 2017 hi havia dues arquitectures de referència en el marc de la denominada *quarta revolució industrial*, i cadascuna d'elles té el suport de les seves organitzacions respectives. D'una banda, existeix la ja citada iniciativa alemanya denominada *i4.0 Plattform*, propulsora de l'arquitectura RAMI 4.0 (Reference Architecture Model Industrie 4.0); d'altra banda, tenim l'Industrial Internet Consortium, que des dels Estats Units proposa l'arquitectura de referència IIRA (Industrial Internet Reference Architecture).

Des d'Alemanya, la *i4.0 Plattform* proposa l'arquitectura RAMI 4.0 (Reference Architecture Model Industrie 4.0), dinamitzada al voltant de la Fira d'Hannover, que se celebra cada any a l'abril. A la passada edició, es va presentar la norma DIN 91.345, que converteix RAMI en estàndard. Amb la voluntat d'internacionalitzar l'estàndard més enllà de l'àmbit alemany, recentment se n'ha anunciat l'extensió a la norma internacional IEC/PAS 63088, aprovada per la Comissió Indústria 4.0 l'any 2016].

Mentre que a Alemanya es proposa la *i4.0 Plattform*, als Estats Units l'organització Industrial Internet Consortium presenta l'arquitectura de referència IIRA (Industrial Internet Reference Architecture), amb l'objectiu de servir els Estats Units, però també de treballar a escala global. Si bé el document oficial està disponible al seu web, encara no està formalitzada com a organització internacional de normalització (Comissió Indústria 4.0, 2016). L'aportació més rellevant d'IIRA és el diagrama de dominis funcionals, que es visualitza en forma de taula i que inclou els dominis de negoci, operacions, informació, aplicació i control.

Així doncs, un dels reptes de la indústria 4.0 serà l'harmonització i l'estandardització de les diferents arquitectures per crear un únic estàndard. Actualment, existeix un grup de treball que es dedica a impulsar l'harmonització de les dues arquitectures i que ja ha publicat documents de mapatge entre totes dues.

Enllaç d'interès

Podeu consultar més informació sobre *i4.0 Plattform* a l'enllaç: <http://www.plattform-i40.de>.

Enllaços d'interès

Podeu consultar més informació sobre l'organització Industrial Internet Consortium a <http://www.iiconsortium.org> i a l'article «*Plattform Industrie 4.0 and Industrial Internet Consortium agree on cooperation*» (<https://bit.ly/1UOBcli>).

Bibliografia

Anderson, C. (2010). «The new industrial revolution». *Wired* (vol. 18, núm. 2).

Enginyers de Catalunya (2016). *Comissió Indústria 4.0*. Document de treball. Marc de referència sobre la indústria 4.0. Informe tècnic.

Kagermann, H.; Helbig, J.; Hellinger, A.; Wahlster, W. (2013). *Recommendations for Implementing the Strategic Initiative Industrie 4.0. Securing the Future of German Manufacturing Industry. Final Report of the Industrie 4.0 Working Group*. Informe tècnic.

Rifkin, J. (2011). *The Third Industrial Revolution: How Lateral Power is Transforming Energy, the Economy, and the World*. Basingstoke: Macmillan.

Schwab, K. (2017). *The Fourth Industrial Revolution*. Londres: Penguin UK.