

The AM Workshop 4.0 Framework



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

The European Commission's support for the production of this publication does not constitute an endorsement of the contents, which reflect the views only of the authors, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.



This work is licensed by the EXAM 4.0 Partnership under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.

EXAM 4.0 partners:

TKNIKA – Basque VET Applied Research Centre, CIFP Miguel Altuna, DHBW Heilbronn – Duale Hochschule Baden-Württemberg, Curt Nicolin High School, Da Vinci College, AFM – Spanish Association of Machine Tool Industries, 10XL, and EARLALL – European Association of Regional & Local Authorities for Lifelong Learning.



"Europako Batzordeak argitalpen hau egiten laguntzea ez da edukien onarpen bat, egileen iritziaik soilik islatzen baitituzte, eta Batzordeak ez du bere gain hartzen bertan jasotako informazioa erabiltzeko erantzukizunik. "

- Laburpena

Industria 4.0-k eskakizun berriak planteatzen dizkie langileei, teknologia berriek irtenbide berritzaileak behar dituzte eta, beraz, langile berritzaileak, aldaketetara egokitu eta industria-sektoreari balioa eman diezaioketenak. Langileen eskakizun berriek, aldi berean, hezkuntzarako eskakizun berriak sortzen dituzte. Baldintza berriak direla eta Curt Nicolin Gymnasietek eta EXAM 4.0 partzuergoko bazkideek ikerketa bat egin dute I4.0-rako hezkuntza garatzeko metodoei buruz. 4. lan-paketeak, EXAM 4.0 formatuan, LHko zentro batek ikasleei fabrikazio aurreratuaren sektorean funtsezkoak diren gaitasunak eta kompetentziak eman ahal izateko bete behar dituen baldintzen definizioak jasotzen ditu. Erakundeak eta tailerrak deskribatzeko ereduak daude, partzuergoko bazkide guztiek probatu dituztenak. Ereduak eta deskribapenak onuragarriak izan daitezke lantegi berriak definitzeko, bikaintasuneko fabrikazio aurreraturako diseinatzeko. 4. lan-paketeak fabrikazio aurreratuako teknologia garrantzitsuei, I4.0-ren alderdi garrantzitsuei eta ikaskuntza-prozesuei buruzko informazioa ere jasotzen du, hala nola hezkuntzari buruzko metodologiak eta edukiak eta baita irakaskuntzari eta prozesuan parte hartzen duten pertsonen erantzukizunei buruzko informazioa ere. Pakete horietan egiten den lan guztia FA 4.0 tailer berriak sortzeko ere erabiltzen da.

- Edukien Taula

Laburpena	3
Edukien Taula	4
4.4 LP - Zereginen Plantilla	5
Laburdurak	6
Sarrera	7
Fabrikazio Aurreratuko 4.0 tailerraren esparrua	8
4.1 Industria 4.0	8
4.2 Fabrikazio aurreratuko 4.0 tailerraren esparruaren ezaugarriak	
8	
4.3 Teknologia	13
4.4 I4.0 Ikaskuntza metodologiak	14
4.5 I4.0 nola irakatsi	16
4.6 Rolak eta erantzukizunak	19
4.7 EXAM 4.0 tailer berriak definitzea	19
Erreferentziak	23

- 4.4 LP - Zereginen Plantila

Itxarondako emaitza	Zenbakia	D4.4
	Izenburua	Fabrikazio Aurreratuko 4.0 tailerraren esparrua
	Mota	Txostena
	Deskribapena	FA 4.0 tailerraren esparrua osatzen duten elementuen kontzeptuak (grafikoa) eta ezaugarriak azaltzen dituen dokumentua. Ikaskuntza-prozesua antolatzea. Inplikaturako teknologien kopurua, eskura dagoen ekipamendu mota, konektibitatea, erronketan oinarritutako ikaskuntzaren ikuspegia esperientzia honetarako metodologia ezin hobetzat. Inplikaturako pertsonen eginkizunak eta erantzukizunak. Programazioa, gauzatzea eta jarraipena planifikatzeko gomendioak. Abantailak, hasierako prestakuntzaren eta esperientziaren eskakizunak, etab.
	Epemuga	M07
	Hizkuntza(k)	Inglés, Alemán, Sueco, Holandés and Español
	Baliabidea (k)	Elektronika
Hedapen maila	Publikoa	



- Laburdurak

LP = Lan-paketea

AA = Adimen artifiziala

FA = Fabrikazio aurreratua

EA = Errealitate areagotua

CAD = Ordenagailuz lagundutako diseinua

CAM = Ordenagailuz lagundutako fabrikazioa

CoVE = Bikaintasun Profesionaleko Zentroak

CPS = Sistema ziberfisikoak

E = Entregagarria

KEE= Kualifikazioen Europako Esparrua

EXAM 4.0 = Fabrikazio Aurreratuaren Bikaintasuna

LH = Lanbide Heziketa

I4.0 = Industria 4.0

IT = Informazioaren teknologiak

IoT = Objektuen Interneta

IIoT = Objektuen Internet industrialia

IT = Informazioaren teknologia

KETs = Funtsezko teknologia bideratzaileak

M2M = Makinatik makinarako komunikazioa

TO= Teknologia operatiboa

RFID = Irrati-maiztasunaren bidezko identifikazioa

EB= Errealitate Birtuala

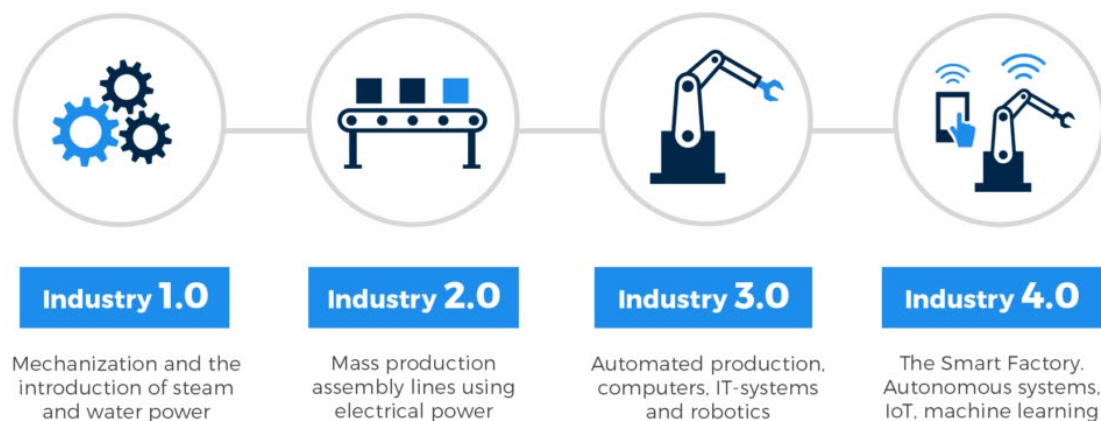


- Sarrera

Txostenaren laugarren atalak honako hauek biltzen ditu: FA 4.0 tailerraren esparruko elementuen grafikoak eta ezaugarriak, I4.0 eta inplikaturako teknologien alderdi garrantzitsuen irudikapen bisualak eskaintzen dituzten hainbat grafiko, ikaskuntza-ikuspegi desberdinak, I4.0 irakaskuntzari buruzko informazioa eta inplikaturako pertsonen rolak eta erantzukizunak. Atal honetan, halaber, plangintzari, programazioari, jarraipenari, tailer berriei eta inplementazioari buruzko gomendioak jasotzen dira.

- **Fabrikazio Aurreratuko 4.0 tailerraren esparrua**
- **4.1 Industria 4.0**

The Four Industrial Revolutions



Gaur egun eraldaketa batean gaude, digitalizazioaren ondorioz ekoizteko modua aldatzen ari da. Eraldaketa honek Industria 4.0 izena hartzen du (I4.0) eta hirugarren industria-iraultzaren hedapena da. Informatika, automatizazioa eta robotika teknologia berrieekin uztartzen dira, hala nola “machine learningak” eta datuak sustatutako sistema autonomoekin (Marr 2018). Interkonektagarritasuna, automatizazioa, ikaskuntza automatikoa eta denbora errealeko datuak dira I4.0ren funtsezko fokua. Asmoa, ekoizpen fisikoa teknologia digital adimendunekin bateratzea da, ondo konektatutako ekosistemak sortzeko, hornidurakatearen fabrikazioarekin eta kudeaketarekin lotuta (Epicor n.d).

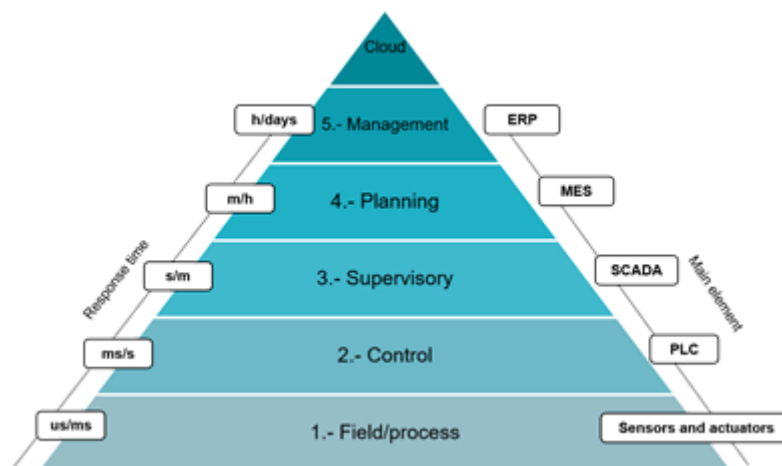
- **4.2 FA 4.0 tailerraren esparruaren ezaugarriak**

LHko zentroetarako FA tailerrak definitzeko, eraldaketa digitala sortzen ari den ezaugarri nagusiak laburbilduko dituen erreferentzia teknologikoko esparru bat behar da. Esparrua, enpresetan egiten ari diren egokitzapenetan oinarritzen da, hau da, fabrikazio aurreratuarekin lotutako enpresak fabrika adimendunetarako eraldaketa integratzen eta inplementatzen ari diren moduan. Irakaskuntza eta



ikaskuntza inguruneaz ari garela, kontutan izan behar da teknologiaren ezarpenak zuzeneko lotura duela irakasten diren gaitasunekin eta lortu nahi diren ikaskuntza emaitzekin.

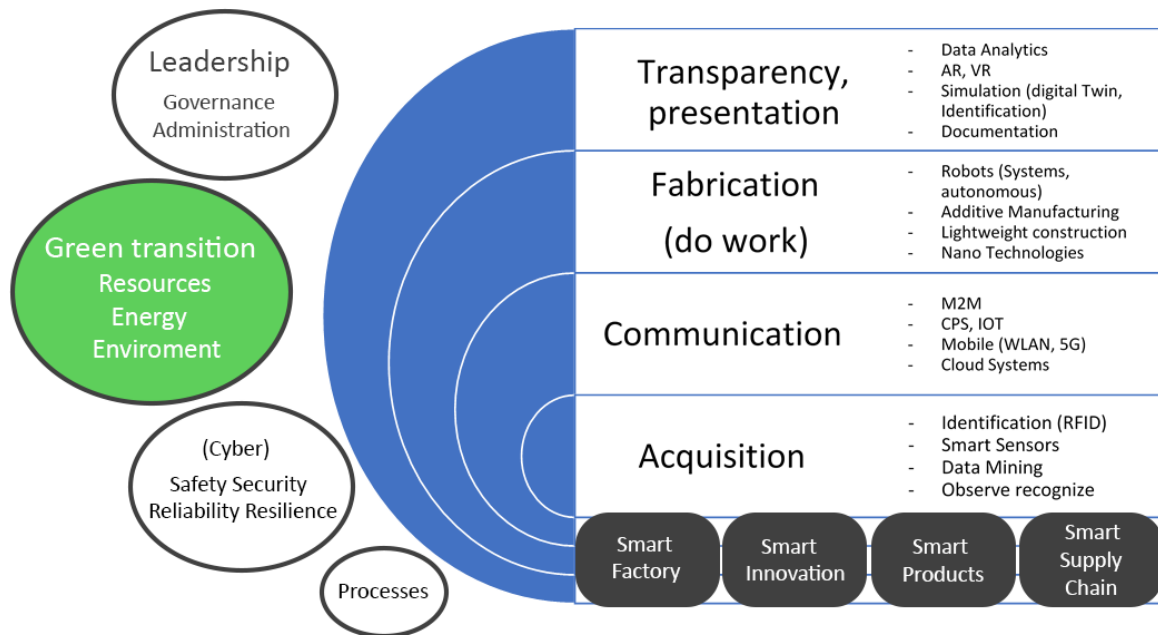
16. irudian, automatizazioaren piramidean oinarritutako ikaskuntza-sistema ikus dezakegu. Maila bakoitzean erabiltzen diren elementu garrantzitsuenak zehazten dira.



16. irudia Automatizazio-piramidea (EXAM 4.0)

17. irudian, LHko tailer baten egitura potentzialaren ageri da. Proposatutako tailerrek digitalizatuta egon beharko lukete, fabrika adimendunetako ezaugarri digitalak aplikatu ahal izateko. Ekoizpen-lerro automatizatu baten ohiko geruzei jarraituz, LHrako proposatutako FA tailerrak produkzio-prozesu baten inguruan eratuko lirateke. Egitura hau ikaskuntzarako diseinatuta dagoenez, konfigurazioa irekia, modularra eta malgua izango litzateke.

FA 4.0 tailerrera garrantzitsuak diren I4.0 elementuen grafikoak eta ezaugarriak.



17. irudia LHrako FA tailer bat konfiguratzeko (EXAM 4.0)

Lehenengo eremua eskuratzeko-maila da. Bigarrena komunikazioarena eta bertan hainbat protokolo eta sistema ezarriko lirateke, ez bakarrik eremuko elementu guztiak lotu eta kontrolatzeko, baita makina eta ekipo desberdinekin komunikatzeko ere. Hirugarrena fabrikazioarena da, eta bertan ekoizpena gertatzen da. Produkzio-makinen konfigurazioak eta antolamenduak, ikaskuntza helburu duen, produkzio-lanaren fluxu egokia bermatuko luke. Teknologia osagarria ezarriko litzateke: robotak eta cobotak, fabrikazio aditiboa, lineako metrologia, trazabilitatea, etab. Laugarren maila aurkezpenarena da, gardentasunarena.

Irudi hau 16. irudian erakutsitako automatizazio-piramidearen osagarria da. LHrako tailerretan kontrol-mailak, scada sistemak, MES sistemak eta baita ERPak ere jaso behar dira, tailerretako datuak LHko ikastetxeetako beste arlo digitalizatu batzuekin lotzeko.

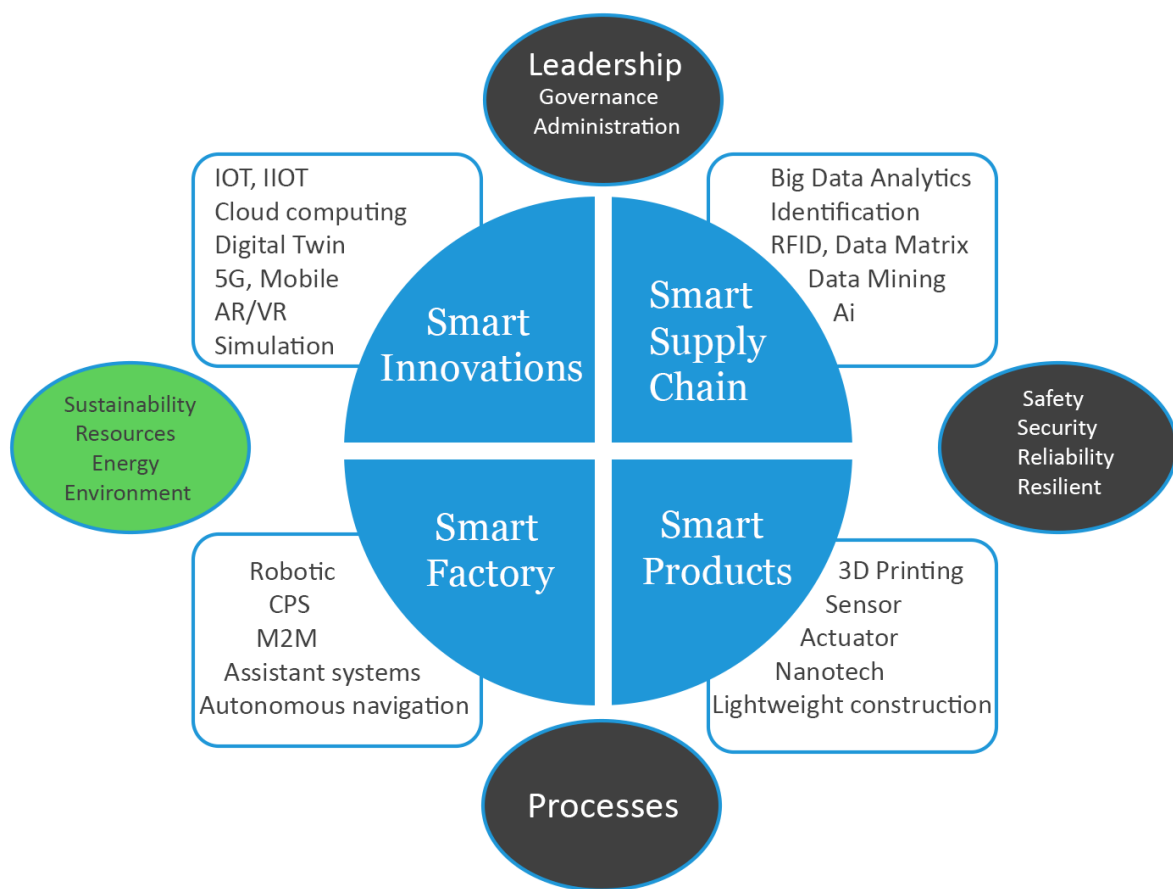
Negoio-ereduak sustatzea

Industria jarduerak sustatzen dituen negozio-eredua kontuan hartu beharreko beste alderdi garrantzitsu bat da. 2. LPan, hainbat industriatan jardungo duten sustatzaile nagusiak deskribatzen ditugu. Fabrikatzaileen ustetan



negozioen digitalizazioa ahalmen handiko eremua da. Irtenbide eta berrikuntza adimendunak, hornikuntza-kate adimendunak eta fabrika adimendunak enpresaren hazkundera eta eraginkortasuna bultzatzen dute.

Sustatzaile nagusiaren arabera, eredu operatibo guztiak aldatuko dira, baita prozesuan jarduten duten gaitzaile teknologiko nagusiak ere. Garrantzitsua da kontuan hartzea nola eragingo dien negozio-ereduei LHko gure FA lantegietan eredu operatiboan. 19. irudian, negozio-eredu sustatzailearen arabera jarduten duten gaikuntza teknologiko nagusiak agertzen dira.



18. irudia Negozio-eredu sustatzailearen arabera jardunean dauden gaikuntza teknologiko nagusiak eta I4.0 elementuak
(Exam 4.0)

Eredu honek I4.0n arrakasta izateko teknologia, metodo eta elementu garrantzitsuen irudi orokorra eskaintzen du. Hurrengo paragrafoetan lau negozio-eredu nagusiei buruzko xehetasunak ematen dira:

Fabrika adimenduna:

"Fabrika adimenduna fabrikazioaren digitalizazioaren azken helburua adierazteko kontzeptua da" (Koo 2020).



Fabrika adimentsua oso digitalizatuta dauden fabriketaz aritzeko erabiltzen den terminoa da. Lantegi horiek etengabe jasotzen dituzte ekoizpen-datuak, eta konektatutako makinen eta gailuen artean partekatzen dituzte datuak. Datu hoiek, optimizatzeko, barne arazoak konpontzeko eta ekoizpena hobetzeko erabiltzen dira. Lantegi adimendunetan funtzionalak izateko teknologia ugari erabiltzen dira, adibidez, AA, Big Data, hodeiko konputazioa eta IIoT. (Koo 2020).

Hornidura-kate adimendunak:

I4.0k, lantegi adimendunak eta teknologien ezarpena baino zerbait gehiago ekarri du; 4.0 logistika eta hornidura-katearen kudeaketa adimenduna. Lantegi adimendunek hainbat teknologia erabiltzen dituzte, hala nola IoT-era konektatuta dauden ekipoetan inplementatutako sentsoreak, beste teknologia aurreratu ugarirekin batera (CPS, datuen analisia, robotika eta AA). Teknologia horiek funtsezko eginkizuna dute hornikuntza-kate adimendunen kudeaketan.

Hornidura-katearen kudeaketa adimendunak abantaila ugari ditu, hala nola botila-lepoak iragartzea, bere kabuz antolatzea eta fabrikako sentsoreetatik denbora errealean datozen datuei esker auto optimizatzea. Hornidura-katearen kudeaketa adimendunean erabiltzen diren sistemak etorkizuneko botila-lepoak aurreikus ditzakete eta ekoizpen doituaren inplementazioa lagundu (Throughput 2019).

Produktu adimendunak:

I4.0 kontzeptuek, hala nola fabrika adimendunek eta fabrikazio-teknologia aurreratuak, berrikuntza eta garapena bultzatzen dute, prozesuei zein produktuei eraginez, eta horrek produktu adimendunak sortzea ahalbidetzen du. (Schmidt et al. 2015, Nunes et al. 2017)

"Smart" kontzeptuak ez du definizio errealik, baina terminoa sare batean beste gailu batzuekin eta sistema integratuekin modu independentean lankidetzan aritzen diren gailuei dagokie. Denbora errealeko eguneratzeetan oinarritutako ekintzak egiten ditu (Raji 1994, Nunes et al. 2017). Produktu eta prozesu adimendunen garapena laugarren iraultza industrialean zentratzen da, garapenak fabrika konbentzionaletatik lantegi adimendunetara eraldatzeak bultzatzen ditu (Radziwon 2014, Nunes et al. 2017). Lantegi adimendunek konplexutasuna kontrolatzeko eta produkzioaren eraginkortasuna hobetzeko aukera dute. Fabrika adimendun bat giza baliabideekin, makinekin eta ekipoekin duen interkomunikazioagatik definitzen da. (Kagermann 2013, Nunes et al. 2017).

Produktu adimendunak garrantzitsuak dira I4.0 fabrikaziorako; fabrikazio-prozesu osoan inplementatzen dira, eta etengabe laguntzeaz gain, produkzioaren aldiak modu autonomoan kontrolatzen dituzte. Produktu adimendunek parametro eta erabilerari buruzko informazioa gordetzen dute, bizi-zikloan zehar bere



egoerari buruzko informazioa eman ahal izateko (Kagermann 2013, erreferentzia: Nunes et al. 2017). Beraien helburu nagusia ingurunearekin duten interakzioa da, konputazioaren, datu-biltegiratzearen eta komunikazioaren bidez. Produktu adimendunek bere aurrerapenei buruzko informazioa eman dezakete, hala nola prozesuaren urratsak zein diren espezifikatu edo etorkizuneko ekoizpen eta mantentze-prozesuak zehaztu. Produktu adimendunek ingurune fisikoarekin ere elkarrekin dezakete, gizakiaren esku-hartzerik gabe (Schmidt et al. 2015, Nunes et al. 2017).

Berrikuntza adimendunak:

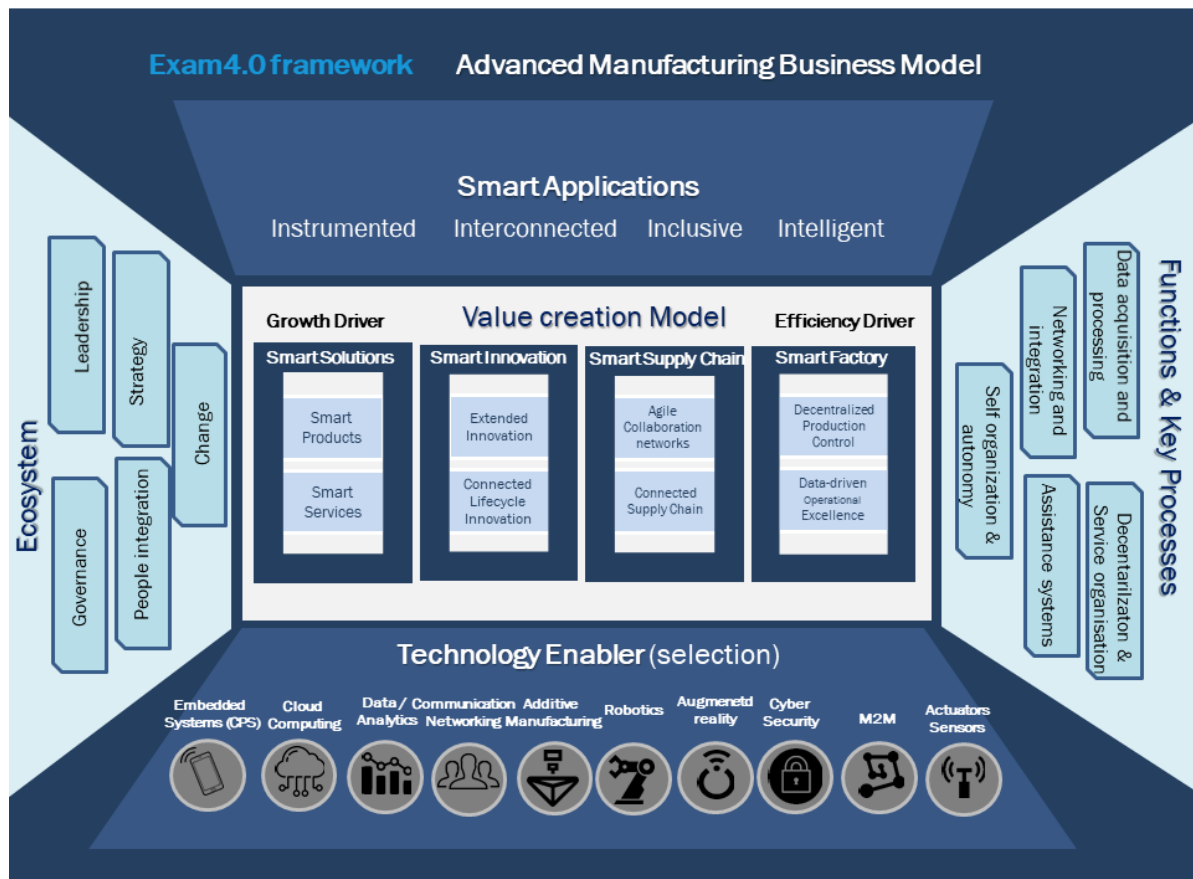
Industriaren digitalizazioak balioa sortzeko prozesuak eraldatzeaz gain, negozio-eredu berriak eta berrikuntza ugari sortuko ditu. Ekoizpen-prozesu adimendun eta digitalek aukera handiak eskaintzen dizkiete enpresei, batez ere ETEei.

Bulkada berriak erakundetik kanpoko iturri askotatik datoz, eta modu proaktiboan integratu behar dira berrikuntza-prozesu ireki batean. Hala ere, I4.0 interkonektatu batean, ideiak askoz ere baliotsuagoak dira lotutako gailu edo soluzioen periferia berritzaile batean integratzen badira. Berrikuntza hedatua erakundearen muga bidez ideiak sortzea eta banatzea da eta bizi-zikloaren berrikuntza konektatua, berriz, produktuaren datuak baliatzea berrikuntza-iturri gisa.

Berrikuntza hedatuak fabrikazio-enpresetan berrikuntza-prozesuak bazkideei eta kanpoko bezeroei irekitzea eskatzen du. Komunikazioari eta konektibitateari esker, berrikuntza-jarduerak egin daitezke enpresen artean. Berrikuntza hedatua bi norabideko trukea da, eta informazioa enpresara sartu eta enpresatik ateratzen da. Kanpoko estimuluak enpresan aktiboki sartzen diren bitartean, enpresak zentro gisa jarduten du, gero bazkideen sarea elikatzeke eta berrikuntza eta ideien sorkuntza modu zabalean bultzatzeko.

Berrikuntza-prozesuan bezeroekin zein bazkideekin lankidetzan aritzeak merkaturatze-denbora murriztuko du eta berrikuntzaren abiadura etengabeko fluxurantz bultzatuko du. Azkenik, berrikuntzak jasangarriagoak izango dira fabrikatzailearen ekosistema osoan informazioa partekatzean. Bizi-zikloaren berrikuntza konektatua produktuaren ohiko kudeaketatik eta bizi-ziklotik bereizten da ikuspegi holistikoan: produktuarekin lotutako informazioa beste datu garrantzitsu batzuekin konbinatzen da, hala nola makinaren parametroekin edo bezeroen eskaeren datuekin. Datu horiek, aztertu, prozesatu eta erabili egiten dira I+G arloko erabakiak hartzeko eta enpresa-prozesuak berritzeko, adibidez, salmenta-prozesuetan. Guzti honek berrikuntza maiztasuna handitzea ekarriko du. Merkatura ateratzeko denbora murriztuko du eta horrek hazkunde-potentziala eta eragiketetan efizientzia handiagoa izatea ekarriko du, I+G kostu txikiagoarekin.

Fabrikazio aurreratuko negozio-eredua

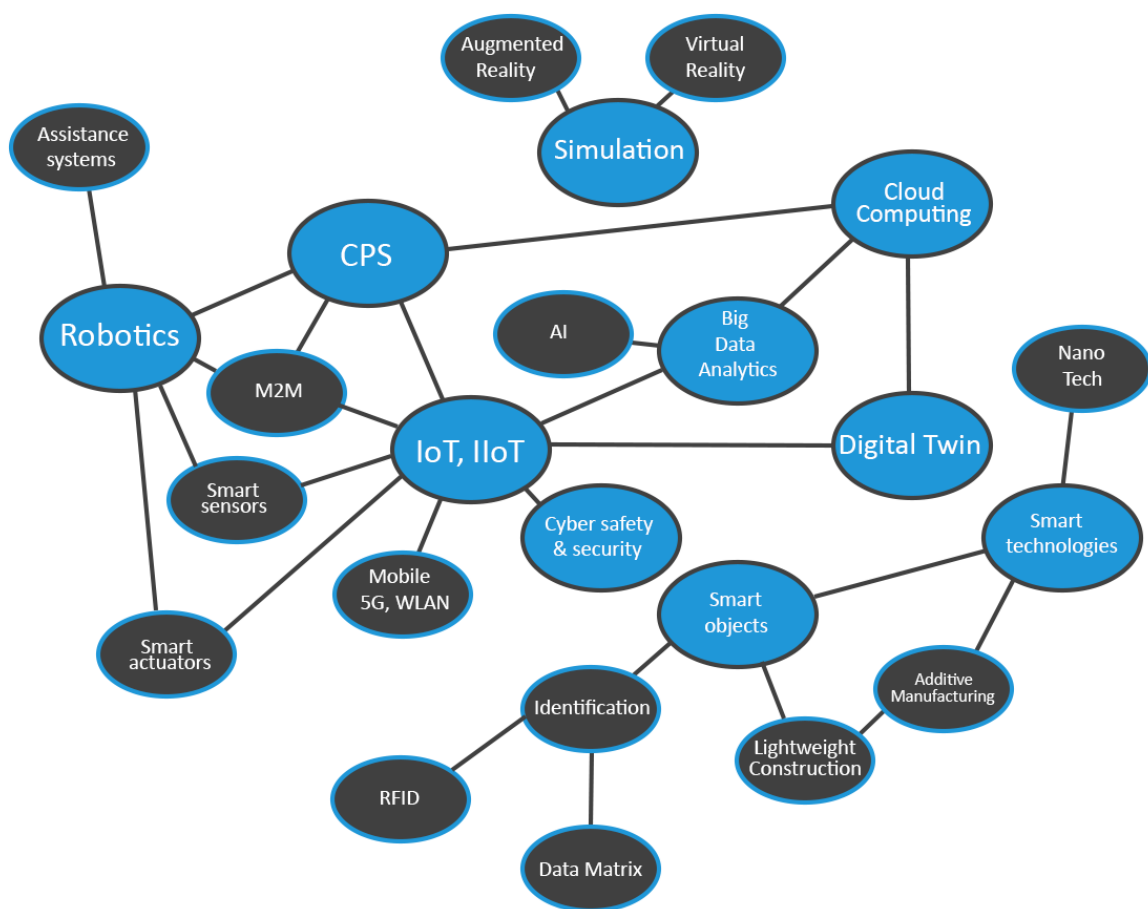


19. irudia EXAM 4.0 fabrikazio-negozio-eredua (EXAM 4.0)

EXAM 4.0 tailerrak, 2.LP ikerketa-txostenean idatzitakoarekin edo EXAM 4.0 konpetentzien esparruarekin bat etorri behar dute.

Partzuergoko bazkideek egindako galdetegia erabili daiteke, dauden tailerrak deskribatzeko ez ezik, baita EXAM 4.0 tailer berriak deskribatzeko ere.

• 4.3 Teknologiak



20. irudia Fabrikazio Aurreratuko teknologien grafikoak (EXAM 4.0)

KTS/TFErekin eta I4.0kin lotutako teknologiak, FA, dokumentu honen 2. atalean deskribatu dira. 20. irudia teknologien eta beraien arteko harremanen proiektzio grafikoa da. Grafikoak 2.LPko PowerPoint “EXAM 4.0 esparrua, gaitzaile teknologikoak” ditu oinarri. Elipse grisak eta urdinak teknologia desberdinen geruzak irudikatzen dituzte, eta marrak teknologia horien arteko loturak erakusten dituzte.



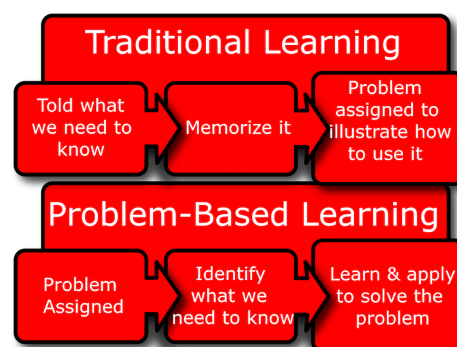
4.4 I4.0 Ikaskuntza metodologiak

Europako Batzordeak emandako Bikaintasun Profesionaleko Zentroen (CoVE) ezaugarrietako bat ikaslea ardatz izatea eta ikaskuntza metodologia aktiboetan oinarritzea da.

EXAM 4.0-ren testuinguruan, ikaskuntza aktiboko metodologiak I4.0 irakaskuntza eta ikaskuntza inguruneetan erabiltzen dira. Ondoren, dagozkion ikaskuntza-metodologiak deskribatzen dira eta bakoitzari buruzko informazio gehiago ematen da:

• Arazoetan oinarritutako ikaskuntza

PBL, kontzeptuak eta printzipioak ikasteko erabiltzen den hezkuntza-metodologia da. Hezkuntza-metodo hori gertaerak eta kontzeptuak zuzenean aurkeztearen kontrakoa da. PBLn mundu errealeko arazo konplexuak aplikatzen dira ikasleen ikaskuntza sustatzeko. Hezkuntza-programako konpetentzia eta gaitasun jakin batzuez gain, PBLk arazoak konpontzeko gaitasunen, komunikazio-gaitasunen eta pentsamendu kritikoaren gaitasunen hezkuntza suspertu dezake. Ikaskuntza-metodologia honek, besteak beste, etengabeko ikaskuntza eta talde-lana sustatzen ditu (Duch, Groh, Allen 2001, University of Illinois Board of Trustees, et al 2020).



21. irudia. Arazoetan Oinarritutako Ikaskuntza (PBL) (Serhat 2020)

• Proiektutan oinarritutako ikaskuntza



Proiektutan oinarritutako ikaskuntza hezkuntza-metodologia bat da, non ikasleek proiektuekin lan egiten duten; metodologiak mundu errealeko zeregin esanguratsuak eskatzen ditu.

Proiektua berariazko denbora-tarte batean gauzatzen da, eta egutegia malgua izan daiteke. Proiektuetan oinarritutako ikaskuntzak mundu errealeko arazoak konpontzen eta galdera konplexuak egiten laguntzen die ikasleei. Ikasleek proiektuetan murgiltzen diren einean, beren trebetasun eta ezagutza mailak erakusten dituzte. Ikasleek edukien ezagutzak hobetzen dituzte, eta, gainera, pentsamendu kritikoa, lankidetzak, sormena eta komunikazio-gaitasunak hobetzen dituzte, hezkuntza-ikuspegiari oinarritutako ikaskuntza erabiliz (Buck Institute for Education n.d).

Horiek guztiak I4.0n lan egiteko ezinbesteko gaitasunak dira.

• Erronketan oinarritutako ikaskuntza

"Erronketan Oinarritutako Ikaskuntzak (CBL) esparru eraginkorra sortzen, du mundu errealeko erronkak konpontzen diren bitartean" (The Challenge Institute 2018). "CBL" hezkuntza metodologia bat da, mundu errealeko erronkak konpontzen dituzten bitartean ikasleei irakasteko. Metodologiak arlo askotan sustatzen du lankidetzak, esaterako, erronkak identifikatu, ikertu eta konpontzeko (The Challenge Institute 2018).

• Ikaskuntza esperimentalaren (Hands on learning)

Ikaskuntza esperimentalaren esanahia esperientziaren bidez ikastea da, izenak dioen bezala (Cherry 2020). David Kolb psikologoaren arabera, ikasteko metodologia horren definizioa honela azal daiteke: "Esperientziaren eraldaketaren bidez ezagutza sortzeko prozesua. Esperientzia atzemateko eta eraldatzeko konbinazioen emaitza da ezagutza" (Kolb 1984, erreferentzia Cherry 2020).

Ikaskuntza esperimentalean, ikasleak esperientziari buruz hausnartu behar du ezagutza berriak lortzeko.



22. irudia Ikaskuntza esperimentalaren zikloa (Growth Engineering 2017)

• Aurkikuntza bidezko ikaskuntza



Aurkikuntza bidezko ikaskuntza ikerketan oinarritutako hezkuntza-metodologia da eta bost printzipio nagusi ditu: 1. arazoak ebaztea 2. ikaslearen kudeaketa 3. integrazioa eta konexioa 4. Informazioaren azterketa eta interpretazioa 5. porrota eta feedbacka (Pappas 2014).

• **Uneko ikaskuntza (JiTT)**

Uneko ikaskuntza bi urratseko prozesua da, eta funtsezkoa denean ematen da. JiTTren lehen urratsa ikasleek irakaskuntzatik kanpo jarduera edo zeregin espezifikoak egitea da. Jarraian, hezitzaileak baliozkotu egiten ditu jarduera horiek, ikasleek zer arlotan hobetu behar duten identifikatzeko. Ondoren, irakasgaia arlo horietara egokituko da, ikasleek oinarritzko ezagutzak lortzen dituztela bermatzeko. (University of Illinois Board of Trustees, et al 2020).

• **Jolasetan oinarritutako ikaskuntza**

Jolasetan oinarritutako ikaskuntza jolasak erabiltzen dituen hezkuntza-metodologia da. Metodologia hainbat hezkuntza-mailatan erabil daiteke, eskolaurreko hezkuntzatik bizitza osan zeharreko ikaskuntzaraino.

Jolasean oinarritutako ikaskuntza hainbat hezkuntza-helburutan aplikatu daiteke, hala nola memorizazio soilean edo ikaskuntza-emaizta konplexuagoetan. Prestakuntzan, jolasetan oinarritutako ikaskuntzan, joko ez-digitalak erabil daitezke (Whitton 2012).

Erabilitako metodologia edozein dela ere, nahiz eta ebidentziaren indarra aldatu egiten den, metodo induktiboak bat datoz ikaskuntzaren emaitza sorta zabala lortzeko; metodo deduktibo tradizionalak (Prince eta Felder 2006) baino eraginkorragoak edo gutxienez berdinak izateko.

FA tailerretan erabiliko diren metodologiei heltzean, egokia da ikuspegi sistemiko zabalagoa kontuan hartzea, ikaskuntza-ingurune osoa kontuan hartuta. Merezi du "Curriculum Guidelines for AM (PwC 2020)" txostenean emandako iradokizuna aipatzea.

Ikaskuntza-ingurunean sartzen dira hezkuntza edo curriculumean sortzen diren inguruneak. Ikaskuntza-ingurunea ikaskuntza-jarduerak kokatzen diren espazioa (fisikoa zein birtuala) da, bai eta ikaskuntzaren dimentsio sozialak eta emozionalak babesten eta hobetzen diren espazioak.

Ikaskuntza-ingurunea era askotara antola daiteke, eta estrategiatik eta helburu espezifikoetatik lortu nahi diren ikaskuntza-emaiztetatik eratorri behar da.

Helburuen adibide batzuk honako hauek dira: diziplina anitzeko orientazioa, diseinu-pentsamendua, sormena, talde-espirtua, arazoen ebazpen kolektiboa, arrisku-portaera, ikuspegi esperimentalak eta abar estimulatzea, errealitate-forma desberdinak (hau da, fisikoa, birtuala edo mistoa (areagotua) eska baititzake).



Finkatutako helburuak lortzeko metodologia mota ugari erabil eta konbinatu daitezke, hala nola arazoak ebaztera bideratutako ikaskuntza (edo arazoetan oinarritutakoa), proiektuetan oinarritutako ikaskuntza, esperientzian oinarritutako ikaskuntza (edo esperimentalak), elkarlaneko ikaskuntza, teknologian oinarritutako ikaskuntza, etab. Helburuek eta metodologiek ikaskuntza-ingurune fisiko bat antolatzeke modurik egokienak ere definitzen dituzte, adibidez, ikaskuntza-laborategi, ikaskuntza-zentroa, ikaskuntza-fabrika, diseinu-fabrika, diseinu-fabrika, etab.

4.5 Industria 4.0 nola irakatsi

LH eskola eta programa bakoitzak ikertu behar du I4.0 nola erabiliko den etorkizuneko lantokian eta ziurtatu behar du hezkuntza-maila egokia dela ikasleek industriaren baldintzak bete ditzaten.

Matthew D. Kirchnerren arabera, ikasleek sei multzo hauetako ezagutzak eta esperientzia eskuratu behar dituzte (Kirchner 2017).

1. multzoa:

I4.0 enpresek lehiakortasuna handitzeko erabil dezaketen tresna bat da. Ikasleek tresna hori erabili ahal izateko eta I4.0ren eskakizunak lortzeko, azpian dauden diziplinei buruzko oinarritzko ezagutza bat izan behar dute. Diziplina horien barruan sartzen dira:

- Lantokiko segurtasuna eta lan-praktika seguruak balioestea.
- Errendimenduaren oinarritzko ekuazioa eta efizientzia eta produktibitatea maximizatzeko oinarritzko industria-beharra ulertzea.
- Zazpi hondakin hilgarriak eta horiek industrian eta industriarekin lotutako prozesuetan nola agertzen diren ulertzea.
- Industriako kalitate-sistema normalizatuak ezagutzea.
- Industria-prozesuetan eta ekipoetan arazoak konpontzeko gaitasuna.
- Zeharkako gaitasunak, hala nola lankidetzak, arazoak ebaztea, diziplina eta denboraren kudeaketa.

2. Multzoa:

2. multzoa I4.0rako funtsezkoak diren ekoizpen eta fabrikazio ekipoen ezagutzari buruzkoa da. Ekipo hauek, adibidez, robotika industrialak, eskuzko soldadura eta robotika, estrusioa eta konformazioa dira.

3. Multzoa:

Sentsoreak eta gailu adimendunak I4.0ren giltzarria dira. Teknologia honek bere inguruari buruzko informazio bolumen izugarriak biltzen ditu, txertatutako adimena programatutako funtzioak gauzatzeko



erabiltzen da. Informazioa sare informatikoen eta Interneten bidez beste sistema eta gailu batzuen artean partekatu aurretik egiten da hori.

Paul Perkins Indianako Estatuko Lan Indarra Berritzeko Kontseiluko eta Estatuko Lan Indarren Batzordeetako Presidentearen Elkarte Nazionalako presidenteak esan zuenez, "Ikasleek lortzen dituzten ezagutzak sentso eta gailu adimendun motak ulertzetik harago zabaltzea behar dira" (Kirchner 2017).

4. Multzoa:

Fabrikazio lanak, hau da, mekanizazioa, konformazioa, moldekatzea eta materialen estrusioa lan taldeak eta teknologia industrialek bideratzen dituzte. Prozesua informazioa ematen duten sentso eta gailu adimendunen bidez gainbegiratzen da. Sistema horiek fabrikazio-prozesu osoa denbora errealean kontrolatzeko balio dute.

Ikasleak I4.0rako prestatuta egon daitezen, ondorengo sistema hauek ezagutu behar dituzte:

- Kontroladore logiko programagarrien (PLC) funtzionamendua eta programazioa
- Segurtasuneko PLCen funtzionamendua eta programazioa
- Operadorearen eta giza-makinaren interfazeak
- Banatutako E/S
- Eragingailu elektronikoak eta maiztasun aldakorrek
- Motorren eta mugimenduen kontrola
- Potentziaren eta kontrolaren elektronika

5. Multzoa:

I4.0ren ondorioz, ekipo industrialak Internetera konektatuago daude. Teknologia operatiboa (OT) zein informazioaren teknologia (IT) kudea dezaketen pertsonen aukera handiak dituzte etorkizunerako. Ikasleek hobeto ulertu behar dituzte gailu adimendunen datuak garraiatzen dituzten sareak. Sare horiek hobeto ulertzeko, teknologia ugari ikasi behar dituzte: sareko zerbitzariak, zerbitzari banatuak, routerrak, konmutadoreak, pasarela gailuak. Ethernet, Foundation Fieldbus, Profibus, haririk gabeko komunikazioa, lotura-teknologiak eta erabiltzaile anitzeko aplikazioak.

6. Multzoa:

Azken bi urteetan, azken 5.000 urteetan baino datu gehiago sortu dira gizakiei buruz. (Harris, 2016). 3.0 Industriako enpresa askoren erronka datu eza zen. I4.0ren erronka eskura dauden datuen kopurua kudeatzea



da. Laugarren industria-iraultzarako, datuak aztertzeko eta horietan oinarritutako neurriak proposatzeko behar diren ezagutzak dituzten pertsonak beharko dira (Kirchner 2017).

Sei multzo hauek hezkuntzaren zazpi dimentsioetan ezarriko dira, ikaskuntza-prozesu ideala sortzeko. Ikaskuntzaren zazpi dimentsioak honen arabera aurkeztuko dira:

1
LL

Live Lecture

23. Irudia zuzeneko hitzaldian oinarritua (Kirchner 2017)

Zuzeneko hitzaldia (LL), hezkuntzaren zazpi dimentsioetako lehena da. Ziurrenik, hezkuntzarako metodorik ohikoena da, eta pertsona talde bati zuzenean, edo linean irakasten dion hezitzaile bati dagokio. Hitzaldi bat ikasgelan, adibidez.

2
EL

eLearning

24. Irudia eLearning-ean oinarritua (Kirchner 2017)

Bigarren dimentsioa eLearning-a da edo ikaskuntza elektronikoa ere deitzen dena, eta baliabide elektronikoen bidezko prestakuntza-ikaskuntzako sistemei buruzkoa da. eLearning-a, gehienetan, Internet bidez erabil daiteke, eta, beraz, ikasteko materialak eskaintzen ditu, ia edonon eta edonoiz.

3
ID

Instructor Demonstration, 1:many

25. irudia irakaslearen erakustaldian oinarritua (Kirchner 2017)

Hirugarren dimentsioa irakaslearen erakustaldia da. Termino horretan, irakasle batek gai edo zeregin jakin bat erakusten dio ikasle-talde bati, zuzenean edo linean. Metodo honetako ikasle kopurua "ugaria" da, hau da, bi ikasle izatetik amaigabeko ikasle kopurura artekoa.

4
VS

Virtual Skill Development

26. irudia, gaitasun birtualen garapenean oinarritua (Kirchner 2017)

Laugarren dimentsioa gaitasun birtualen garapena da, software baten bidez birtualki egiten diren prestakuntza fisikoko elementuei buruzkoa. Askotan ordenagailu-jokoen edo bistaratzearen bidez erabiltzen da, errealitate birtuala bezala. Gaitasun birtualak garatzeko arloaren adibide bat muntatzaileena izan liteke. Benetako lantoki batean ataza egin aurretik, produktu bat EArean bidez



muntatzen ikas dezakete. Ikasleek esperientzia-oinarri bat gara dezakete benetako lantoki batean erabiltzeko eta kostuak murrizteko, ikasleak ez baitu benetako produktuekin trebatu beharrik.

5
IIS

Instructor Interactive skills, 1:1

27. irudia, irakaslearen trebetasun interaktiboetan oinarritua (Kirchner 2017)

Bosgarren dimentsioa irakaslearen trebetasun interaktiboena da, IIS. IISak irakasle batek ikasleak banaka hezten dituenean gauzatzen dira. Hori ikasteko modu eraginkorra izan ohi da ikasleentzat, ikasle espezifikoak zentratuta dagoelako eta beste ikasle batzuen distrakzioerik gabe aurrera egiteko aukera duelako. Irakasleak edukiak ikasle espezifikoaren beharretara ere egokitu dezake, ikaskuntza eraginkorragoa eginez.

6
HO

Hands-on skill development

28. irudia, trebetasun praktikoen garapenean oinarritua (Kirchner 2017)

Trebetasun praktikoen garapena, seigarren dimentsioa da, eta fabrikazio-metodo aurreratuak ikasteko garrantzitsuenetako bat. Trebetasun praktikoen garapena hezkuntza praktikoa da; metodo honen bidez, ikasleak makina edo ekipo desberdinekin lan eginez ikas dezake.

7
PR

Portable Rotational at-Home Skills

29. irudia, etxeko txandakako gaitasun transferigarriak (Kirchner 2017)

Azken dimentsioa etxeko txandakako gaitasun transferigarriak da, bikaina urrutiko prestakuntzarako. Informazioa ikasleei bidaltzen zaie, zeregin espezifikoak egin ditzaten. Lanketa egin ondoren, taldea iikasetxera itzultzen da. Jarraian, talde eta zeregin berriak bidaliko zaizkio ikasleari.

Cómo enseñar la Industria 4.0 en 2020 (LAB Midwest 2020)

4.6 Rolak eta erantzukizunak

I4.0ko hezkuntzari lotutako eginkizunetako bat irakasle egokiena da. Irakasle horiek funtsezko erantzukizunak dituzte etorkizunean berrikuntza bultzatuko duten langileak sortzen.

Lehenengo ardura, eta garrantzitsuena, gaiari buruzko ezagutza aditua izatea da, kasu honetan I4.0. Irakasleek ere etengabeko prestakuntza egin behar dute, alderdi teknikoetan eta hezkuntza-alderdietan eguneratuta egoteko.

Irakasleak ikastaro eta hitzaldi egokiak planifikatu behar ditu. Egokia da sei multzoak eta zazpi dimentsioak erabiltzea, bai eta zenbait irakaskuntza-metodologia ere, hala nola PBL, I4.0. hezkuntzari dagokionez.

Lankidetzat da gaitasun garrantzitsuenetako bat I4.0 arauari dagokionez, eta, beraz, garrantzitsua da irakaslea gai izatea beste irakasle batzuekin, langileekin eta ikasleekin lankidetzan aritzeko. Irakasleak portaera ona izan



behar du lankideekin eta ikasleekin. Zintzotasuna, inpartzialtasuna, jokabide etikoa, jarrera solidarioa eta hizkuntzaren erabilera zuzena bezalako jokabideak, adibidez (QEC n.d).

Irakaslearentzat ez ezik, ikaslearentzat ere erantzukizunak daude. Ikasleentzako lehen ardurak begi-bistakoak dirudite, baina funtsezkoak dira. Ikasleek beti ahalegindu behar dute beren onena ematen, eta horren arabera zera egin behar dute:

Aldian-aldian eskolara garaiz joatea funtsezkoa da, eta ikasgelarako prestatuta egotea, bai materialarekin, bai zereginak beteta. Horrela, ikasleak irakaslea eta ikasgaia errespetatzen ditu. Ikasleek zeregin guztiak bete eta arreta jarri behar dute gelan. Irakasle, langile eta ikaskide guztiak errespetatu behar dituzte, eta eskola eta ekipamendua zaindu (Burnaby schools 2020).

Erabakiak hartzeko ardura dutenek ere erantzukizunak dituzte, hala nola zuzendariak eta administrazio-kontseiluko kideak. Zuzendariak, administrazio-kontseiluko kideak, hezkuntza-arduradunek eta ikasketa-planek tituludunek etorkizunean enpresetan izango dituzten lan-lekuak ebaluatu behar dituzte, eta, horrela, hezkuntza haien beharretara egokitu.

4.7 EXAM 4.0 tailer berriak definitzea

EXAM 4.0 esparruak, FA 4.0 tailerretarako, I4.0ren gaitasunetara bideratuta egon behar du, eta egokia izan behar du LHko zentroetan inplementatzeko.

Etorkizuneko behin betiko FA 4.0 tailerra delakoaren ezaugarri espezifikoak zehaztea zaila da. Alderdi asko hartu behar dira kontuan esparru bat sortzeko eta tailer berri bat sortzeko orduan. Alderdi horiek, adibidez, tailerrean lantzea nahi den espazioa, ezarpen-aurrekontua, KEEen maila, hezkuntza-programa eta ikasleak izan litezke. Faktore horiek direla eta, zaila da zehaztea nola eratu behar den behin betiko tailer bat; beraz, EXAM 4.0 barruan sortutako FAren etorkizuneko tailerren esparrua oinarria izango da. Esparrua 4. LPan egindako ikerketan oinarritzen da, baita dauden tailerren deskribapenetan ere. Txosten hori eta esparrua erabil daitezke tailer berriak sortzeko oinarri gisa.

Softwarea eta ekipo zaharkituak maiz erabiltzen dira hezkuntzan, hau, sarritan aurrekontu baxu baten emaitza da. Ikasleek ez dute enpresetan fabrikazio aurreratuarekin lotutako zereginekin lan egiteko behar duten esperientzia lortzen, baldin eta harreman mugatua edo nulua izan badute I4.0rekin lotutako teknologiekin. FESTOk dio eskolek ezin dutela enpresen garapen-erritmoa jarraitu, eta, beraz, tituludunek ez dute ezagutza egokirik izango lana bila hasten direnean Hortaz, beharrezkoa da eskolek I4.0ko enpresa edo erakundeekin lankidetzan aritzea. (Festo n.d).

Etorkizuneko FA 4.0 tailerraren esparrurako lehen atala finantzaketari buruzkoa da. Dauden tailerrak deskribatzeko tauletan ikus daitekeenez, EXAM 4.0 enpresako bazkide guztiek hainbat finantzaketa-



metodo dituzte bere erakundeentzat eta bere tailerentzat, hala nola barne-funtsak, funts publikoak eta enpresa-funtsak. Ona da finantzaketa desberdina izatea, adibidez, banakako ekitaldietarako edo epe desberdinak dituzten proiektuetarako.

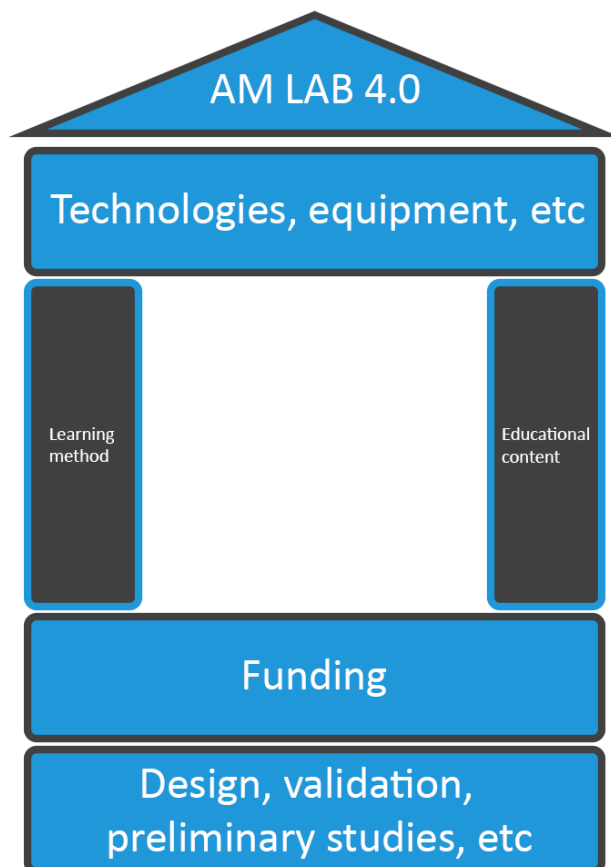
Esan bezala, I4.0 delakoak esan nahi du ekipamendu industrialak gero eta konektatuago daudela Internetera. Teknologia operatiboa (TO) zein informazioaren teknologia (IT) kudea dezaketen pertsonak aktibo handiak dira etorkizunerako. Ikasleek hobeto ulertu behar dituzte gailu adimendunen datuak garraiatzen dituzten sareak. Beraz, ezinbestekoa da tailer batek IT integrazio-maila handia izatea, hala nola CAD, CAM eta PLM. Garrantzitsua da, halaber, tailerrek gailu adimendunak sartzea, hala nola sentsoreak, eragingailuak, M2M eta CPS. Ikasleek fabrikazio aurreratuaren sektorean lan egiteko prest egon daitezen, teknologia garrantzitsu guztiak ezagutu behar dituzte eta horietako batzuetan esperientzia izan behar dute. Beraz, tailerrek, hezkuntza-programen eskakizunetan oinarrituta, teknologia hauek sartu beharko lituzke: robotika, 3D inprimagailuak, EA eta CNC makinak.

Tailerretan ematen diren ikaskuntza-estrategia, hezkuntza-metodologia eta hezkuntza-edukia alderdi garrantzitsuak dira ikasleen ikaskuntzaren emaitzei dagokienez. I4.0 tailer batentzat funtsezkoak diren ikaskuntza-metodologiei eta gaitasunei buruzko informazioa D4.3 txostenean jasotzen da; 4. LPren zati bat.

Tailer berri baten alderdi asko ere kontuan hartu eta baliozkotu behar dira sortu aurretik. Alderdi horiek honako hauek izan daitezke:

- Tailerrean lan egitea nahi den ikasle-kopurua
- Tailerraren bizi-zikloa
- Zer industriatarako den
- Tailerraren helburu nagusia eta bigarren mailakoa
- Teknologiaren bizi-zikloa
- Fabrikazio-metodoak

Ez da zehaztu zein den alderdi horien behin betiko erantzuna. Hala ere, ezinbestekoa da erakunde bakoitzak alderdi horiek baliozkotzea eta ikerketan oinarritutako neurriak hartzea.



30. irudia. FA 4.0 Tailer ereduaren prototipoa (EXAM 4.0)

Funtsezkoa da atariko azterketetan hurrengo urratsera igarotzeko, aipatutako alderdiak kontuan hartzea, esate baterako, tailerren bizi-zikloa, xede dituen industriak etab.. Ezinbesteko baldintza da tailerren oinarria ezagutzea finantzaketa metodoak aztertu ahal izateko.

Hurrengo urratsean, finantzaketan, garrantzitsua da alderdi guztiak baliozkotzea. Adibidez, tailerra sortzeko funtsak, tailerra mantentzeko funtsak eta tailerra diru-sarrera gehiago sortzeko nola erabil litekeen, nahiz eta erabilera nagusia hezkuntza izan. Fako tailerrak diseinatzeko eta finantzaketa baliozkotzeko EXAM 4.0 zentroaren eredia erabil daiteke. Eredua lehendik dagoen tailer baten deskribapen gisa erabili beharrean, behin betiko tailererako erreferentzia gisa erabil eta erantzun liteke.

Hirugarren urratsa da funtsezkoena FAko tailer berri bat sortzeko, zein hezkuntza-programek funtzionatuko duten eta zein diren KEEen mailak. Garrantzitsua da erabiliko diren programetan eta ikaskuntza-metodologietan sartuko diren edukiak ezagutzea.

Tailerren hezkuntza-programek eragina dute teknologietan eta ekipoetan. I4.0ko teknologiei buruzko informazioa, 4. LPan sartu da lehenago.

EXAM 4.0 Etorkizuneko tailerra

Dauden tailerren, partzuergoko bazkideenak, deskribapenak ebaluatu dira eta EXAM 4.0 eredua erabili da LH zentroaren behin betiko FAko tailerra deskribatzeko .

1.1	operadore a	Erakunde akademikoa			Erakunde ez-akademikoa					Irabazi asmoko operadorea	
		Unibertsitatea (Liz.)	Unibertsitatea (dip)	Giz. Hez. Liz.	LH Ikastetxea / BHI	Gambar	Erakundea	Empresarien elkartea	Sare Industriala	Aholkulartza	Enpresa Ekoizlea
1.2	Instruktor ea	Irakaslea	Ikertzailea	Ikasle-laguntzailea		Aditu teknikoa / aditu espezialista			Aholkularia	Hezitzailea	
1.3	Garapena	Berezko garapena			Kanpoko laguntzarekin garatzea				Kanpo garapena		
1.4	Hasierako finantzaketa	Baren-funtsak			Funts publikoak				Enpresa funtsak		
1.5	Etengabeko finantzaketa	Barne funtsak			Funts publikoak				Enpresa-funtsak		
1.6	Finantza etaren jarraipena	Epe laburreko finantzaketa (banakako ekitaldiak)			Epe ertainerako finantzaketa (proiektuak eta programak <3 urte)				Epe luzerako finantzaketa (proiektuak eta programak >3 urte)		
1.7	Prestakuntzarako negozio-eredua	Eredu irekiak			Eredu itxiak (enpresa bakar batentzako prestakuntza programa)						
		Club eredua	Ikastaroen tarifak								

2.1	Helburu nagusia	Hezkuntza			Lanbide Heziketa						Ikerketa					
2.2	2. mailako helburua	Proba ingurunea / ingurune pilotua			Ekoizpen industrial			Berrikuntzen transferentzia			Ekoizpen iragarkia					
2.3	Hezkuntza aren eta prestakuntza hartzailerak diren taldeak	Ikasleak	Ikasleak			Langileak							Ekintzaileak	Autonomia	Langa bea	Publikoa
			Lizeintzia tua	Masterra	Dokumentazio ikastlea	Ikastunak	Langile kualifikatua	Langiler dialikualif ikatu a	Kualifikazio garbia	Kudeatzaileak						
										Beharrezko kudeaketa	Tarteko kudeaketa	Kudeaketa nagusia				



2.4	Taldeen konstelazioa	Homogeneoa		heterogeneoa (jakintza maila, hierarkia, ikasleak + langileak, etab.)								
2.5	Xede industrialak	Ingeniaritza mekanikoa eta instalazioetakoa		Automobil gintza	Logistika		Garraioa		Errotazio altuko kontsumo ondasunak		Aerospaziala	
		Industria kimikoa		Elektronika	Eraikuntza		Aseguruak / Banka		Ehungintza		...	
2.6	Ikasgaiaren lotutako ikaskuntza-eremuak	Ekoizpenaren kudeaketa eta antolamendua	Baliabideen eraginkortasuna	Kudeaketa doitua	Automatizazioa	CPPS	Lan sistemaren diseinua	Giza-Makina interfazea	Diseinua	Diseinu eta kudeaketa intralogistikoa		...
2.7	Tailerren rola ikerketan	Ikerketaren xedea					Ikerketaren bideratzailea					
2.8	Ikerketa gaiak	Ekoizpenaren kudeaketa eta antolamendua	Baliabideen eraginkortasuna	Kudeaketa doitua	Automatizazioa	CPPS	Aldakortasuna	Giza-makina interfazea	Didaktika	...		

3.1	Produktuar en bizi zikloa	Produktuen plangintza	Produktuen garapena	Produktuen diseinua	Prototipo azkarrak	Fabrik azioa	Muntaia	Logisti ka	Zerbitzua	Birziklatzea	
3.2	Tailerraren bizi-zikloa	Inbertsioaren plangintza	Tailerraren kontzeptua	Prozesuare n plangintza	Abian jartzea				Mantentze lanak	Birziklatzea	
3.3	Eskaeraren bizi-zikloa	Konfigurazio a eta eskaera	Eskaeraren sekuentziazio a	Produkzioaren plangintza eta programazioa					picking, packaging	Bidalketa	
3.4	Teknologiar en bizi- zikloa	Plangintza	Garapena	Proba birtualak					Mantentze lanak	Modernizazioa	
3.5	Zeharkako funtzioak	Hornidura katea kudeatzea	Salmentak	Erosketak		Giza baliabi deak	Finantzak / kontrola		QM		
3.6	Materialen fluxua	Ekoizpen jarraitua				Ekoizpen diskretua					
3.7	Prozesu mota	Masako ekoizpena		Serieko ekoizpena		Ekoizpena serie txikitán			Ekoizpen bakarra		
3.8	Fabrikazioa ren antolaketa	Fabrikazioa leku finkoan		Fabrikazioa lan-bankuan		Fabrikazioa tailerrean			Fluxuan ekoiztea		
3.9	Automatiza zio maila	Manuala		Automatizazio partziala / automatizazio hibridoa				Erabat automatizatua			
3.10	Fabrikazio metodoak	Mozketa	lehen mailako konformazio tradizionala		Fabrikazio aditiboa	Konform azioa	Batasu na	Estaldura	Materialaren propietateak aldatzea		
3.11	teknologi ar fabrikazioa	Fisikoa			Kimikoa			Biologikoa			

4.1	Ikaskuntza ingurunea	Soilik fisikoa (plangintza+guzatzea)	Fisikoa, tailer digitalak lagundutakoa (ikus "IT Integration")	Fisikoa, birtualki zabaldua	Birtuala (plangintza+guzatzea)
-----	----------------------	--------------------------------------	--	-----------------------------	--------------------------------



4.2	Ingurunearen eskala	Eskalan			Tamaina naturalekoa	
4.3	Lan-sistemaren mailak	Lantokia	Lan-sistema		Tailerra	Sarea
4.4	Aldagaien faktoreak	Mugikortasuna	Modulartasuna	Bateragarritasuna	Eskalagarritasuna	Unibertsaltasuna
4.5	Aldagaien neurriak	Diseinua eta logistika	Produktuaren ezaugarriak	Produktuaren diseinua	Teknologia	Produktu kantitateak
4.6	IT integratzea	IT SOP baino lehen (CAD, CAM, simulazioa)		IT SOP eta gero (PPS, ERP, MES)	IT ekoizpenaren ondoren (CRM, PLM, ...)	

5.1	Materialtasuna	Materiala (produktu fisikoa)				Inmateriala (zerbitzua)	
5.2	Produktuaren forma	Karga orokorra			Solteko produktuak		Fluxu-produktuak
5.3	Produktuaren jatorria	Berezko garapena		Parte-hartzaileen garapena		Kanpo-garapena	
5.4	Produktuaren merkaturagarritasuna	Merkatuan eskuragarri		Merkatuan eskuragarri baina didaktikoki sinplifikatua		Merkatuan ez dago eskuragarri	
5.5	Produktuaren funtzionaltasuna	Produktu funtzionala		Didaktikoki egokitutako produktua, funtzionaltasun mugatuarekin		Merkatuan ez dago eskuragarri	
5.6	Produktu kopuru desberdinak	Produktu 1	2 produktu	3-4 produktu	> 4 produktu	Malgua, parte-hartzaileek garatua	
5.7	Aldaeren kopurua	Aldaera 1	2-4 aldaera	4-20 aldaera	...	Malgua, parte-hartzaileen arabera	
5.8	Osagai kopurua	Osagai 1	2-5 osagai	6-20 osagai		21-50 osagai	51-100 osagai
5.9	Produktuaren gerokoragarritasuna	Bererabiltzea / Birziklatzea		Erakusketa		Oparia	Salmenta

6.1	Konpetentzia motak	Konpetentzia tekniko eta metodologikoak	Giza eta komunikazio konpetentziak	Konpetentzia pertsonalak	Jarduerara eta egikatzera bideratutako konpetentziak	
6.2	Ikaskuntza dimentsioak Helburuak	Kognitiboa		Afektiboa		Psikomotorra



6.3	Ikaskuntza agertokiaren estrategia	Instrukzioa	Frogapena		Agertoki itxia	Agertoki irekia	
6.4	Ikaskuntza ingurune mota	Greenfield (tailerraren ingurunearen garapena)			Brownfield (dagoen tailaerraren ingurunea hobetzea)		
6.5	Komunikazio kanala	In-situ ikastea (tailerraren inguruan)			Urrutiko konexioa(tailerraren inguruan)		
6.6	Autonomia maila	Instruitua		Autokudeatua / Autoregulatua		Autodeterminatua / Autoantolatua	
6.7	Prestatzilearen zeregina	Aurkezlea	Moderatzailea	Irakaslea		Instruktorea	
6.8	Prestakuntza mota	Tutorial	Tailerreko ikastaro praktikoa	Mintegia		Tailerra	Proieltua
6.9	Prestakuntzaren estandarizazioa	Prestakuntza estandarizatuak			Prestakuntza pertsonalizatuak		
6.10	Oinarri teorikoa	Aurretiazko betekizuna	Aldez aurretik (blokean)	Zati praktikoarekin txandakatuz		Eskaeraren arabera	Ondoren
6.11	Ebaluazio mailak	Parte-hartzaileen feedbacka	Parte-hartzaileen ikaskuntza	Tailerrera transferentzia		Prestakuntzaren eragin ekonomikoa	Prestakuntzaren itzulera / ROI
6.12	Ikaskuntzaren arrakasta ebaluatzea	Idatzizko ezagutza proba	Ahozko ezagutza proba	Idatzizko txostena	Ahozko aurkezpena		Azterketa praktikoa Bat ere ez

EXAM 4.0 tailerren eredu-eraketa arauak eta irizpideak

I4.0 tailerren arau-deskribapena

Irizpide batzuk betetzea eskatzen duen estandar bat, ziurtagiri bat, onuragarria izango litzateke tailerrentzat. Hezkuntza tailerretarako irizpideek konpetentzia eta gaitasun egokiak sortzen eta ikasten direla berma lezaket. Horrela, hezkuntza bat izan dezakegu, I4.0 Tailer Hezkuntza, Europa osoan konpetentzia eta gaitasun berberak hezteko, nahiz eta tailer bera ez izan. I4.0 tailerren ziurtagiriak erabiliz gero, Suediako ikasle batek jasotako trebetasunak eta gaitasunak eta Alemaniako ikasle batenak hezkuntza-edukiarekin bat datoze berma genezake, adibidez. Hezkuntza-ziurtagiri estandar batek enpresei lagunduko lieke ikusten zer konpetentzi eta gaitasun eskuratu dituen Europako edozein tokitan titulatu den ikasle batek. I4.0rako irizpide garrantzitsu berriak definitzeak Europa osoko hezkuntza-maila handituko luke, industria-sektore nazionalen Europaren lehiakortasuna etengabe areagotuz.

Irizpide horiek nola gerta litezkeen erakusten duen adibide bat:



EXAM 4.0 Education enviroment

The EXAM 4.0 LABS, learning space, fulfils following criteria:

☐ Criterion 1

Descriptions of skills the students must obtain in each lab, learning space, AM Workshop 4.0.

Skills:

- ☐ Skill #1 (why?)
- ☐ Skill #2 (why?)
- ☐ Skill #3 (why?)

☐ Criterion 2

Descriptions of competencies the students must obtain in each lab, learning space, AM Workshop 4.0.

Competencies:

- ☐ Competencies #1 (why?)
- ☐ Competencies #2 (why?)
- ☐ Competencies #3 (why?)

☐ Criterion 3

31. irudia tailerretarako irizpideak (EXAM4.0)

-
-
-
-
-
-
-
-

• Erreferentziak



Abele, Eberhard; Chrysosouris, George; ElMaraghy, Hoda; Hummel, Vera; Metternich, Joachim; Ranz, Fabian; Sihm, Wilfried and Tisch, Michael. (2015a). Learning Factories for Research, Education, and Training. *5th Conference on Learning Factories*. Elsevier B.V, pp. 1-6. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2015.02.187> (gathered 2020-09-10).

Abele, Eberhard; Hummel, Vera; Metternich, Joachim; Ranz, Fabian and Tisch, Michael. (2015b). *Learning Factory Morphology – Study Of Form And Structure Of An Innovative Learning Approach In The Manufacturing Domain*. The Turkish Online Journal of Educational Technology. https://www.researchgate.net/publication/281344323_Learning_Factory_Morphology_-_Study_Of_Form_And_Structure_Of_An_Innovative_Learning_Approach_In_The_Manufacturing_Domain (gathered 2020-09-07).

Abele, Eberhard; Metternich, Joachim; and Tisch, Michael. (2019). *Learning Factories Concepts, Guidelines, Best-Practice Examples*. Cham: Springer Nature Switzerland AG. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-92261-4> (gathered 2020-08-28).

Alves, A.C; Pereira, A.C and Lopes Nunes, M. (2017). *Smart products development approaches for Industry 4.0*. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.09.035> (gathered 2020-10-17).

AM FIELD GUIDE COMPACT. (2020). *Formnext magazine for extra*. (gathered 2020-10-05).

Aventis Learning Group. (2019). *Skills You Must Have To Stay Relevant In Industry 4.0*. <https://aventislearning.com/skills-you-must-have-to-stay-relevant-in-industry-4-0/> (gathered 2020-09-14).

Barro, R. J. (1996). Determinants of economic growth: *A cross-country empirical study*. NBER working paper series: Vol. 5698. Cambridge, MA: National Bureau of Economic Research.

Bilberg, A; Bogers, M; Madsen, E.S and Radziwon, A. (2014). *Procedia Eng.*, 69 1184–1190 (gathered 2020-10-17).

Buchner, Tilman; Knizek, Claudio; Kuhlmann, Kristian; Küpper, Daniel; Lorenz, Markus; Lässig, Ralph and Maue, Andreas. (2019). *Advanced Robotics in the Factory of the Future*. BCG Innovation Center, Germany. <https://www.bcg.com/publications/2019/advanced-robotics-factory-future> (gathered 2020-10-17).

Buck Institute for Education. (n.d). *What is PBL?*. <https://www.pblworks.org/what-is-pbl> (gathered 2020-09-28).

Burnaby schools. (2020). *RESPONSIBILITIES OF STUDENT*. <https://burnabyschools.ca/responsibilities-of-students/>. (gathered 2020-10-15).

CECIMO. (2013) The European machine tool industry's Manifesto on skills.

CEDEFOP. (2010). *Skills supply and demand in Europe: Medium-term forecast up to 2020*. Luxembourg: Publications Office of the European Union.

Cherry, Kendra. (2020). *The Experiential Learning Theory of David Kolb*. <https://www.verywellmind.com/experiential-learning-2795154> (gathered 2020-09-29).

Duch, B. J., Groh, S. E and Allen, D. E. (Eds.). (2001). *The power of problem-based learning*. Sterling

Epicor. n.d. *What is Industry 4.0—the Industrial Internet of Things (IIoT)?* <https://www.epicor.com/en/resource-center/articles/what-is-industry-4-0/>. (gathered 2020-10-15).

Eurostat. (2016). Manufacturing statistics - NACE Rev. 2: Relative importance of manufacturing (NACE Section C), 2013 (% share of value added and employment in the non-financial business economy total). Retrieved from http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Manufacturing_statistics_-_NACE_Rev._2.

FESTO (n.d). *Industry 4.0 User's Guide: Educator Edition*. <https://www.festo-didactic.com/us-en/news/industry-4.0-user-s-guide-educator-edition.htm?fbid=dXMuZW4uNTc5LjE3LjE2LjU4MjA> (gathered 2020-09-08).

Fitsilis, Panos; Gerogiannis, Vassilis and Tsoutsas, Paraskevi. (2018). *INDUSTRY 4.0: REQUIRED PERSONNEL COMPETENCES. INDUSTRY 4.0*. Vol. 3, Issue 3. Bulgaria: Scientific technical union of mechanical engineering, pp. 130-133. <https://stumejournals.com/journals/i4/2018/3/130> (gathered 2020-08-26).



Gewerbliche Schule Crailsheim. (n.d). *WAS IST EINE LERNFABRIK 4.0*. <https://www.gscr.de/index.php?id=203> (gathered 2020-09-09).

Growth Engineering. (2017). *WHAT IS THE EXPERIENTIAL LEARNING CYCLE?* <https://www.growthengineering.co.uk/what-is-experiential-learning/> (gathered 2020-09-29).

Grzybowska, Katarzyna, and Łupicka, Anna. (2017). Key competencies for Industry 4.0. *Economics & Management Innovations* 1(1): pp. 250-253. https://www.researchgate.net/publication/322981337_Key_competencies_for_Industry_40 (gathered 2020-08-27).

Gylfason, Thorvaldur. (2001). Natural resources, education, and economic development. *European Economic Review: EER*, 45, 847–859.

Hanushek, E. A., and Woessmann, L. (2007). *The role of education quality in economic growth. Policy research working paper: Vol. 4122*. Washington, DC: World Bank Human Development Network Education Team.

Helbig, J; Kagermann, H and Wahlster, W. (2013). *Securing the Future of German Manufacturing Industry: Recommendations for Implementing the Strategic Initiative INDUSTRIE 4.0*, München, 2013 (gathered 2020-10-17).

Heron, Chris. (2019). *What is a Transversal Competency?* Vivagogy. <http://vivagogy.com/2019/03/04/transversal-competencies-2/> (gathered 2020-10-17).

Härting, R.-C; Jozinović, P; Möhring, M; Neumaier, P; Reichstein, C and Schmidt, R. (2015). International Conference on Business Information Systems. 16–27. (gathered 2020-10-17).

Impuls Foundation (2019) “Impuls compact: Engineers for Industrie 4.0”, VDMA (The Mechanical Engineering Industry Association).

i-SCOOP. (n.d). *Logistics 4.0 and smart supply chain management in Industry 4.0*. <https://www.i-scoop.eu/industry-4-0/supply-chain-management-scm-logistics/> (gathered 2020-10-15).

Karukapadath Haffees, Rasim and Parekattil, Aswin Kumar. (2019). *A literature review on learning factory*. Diss, Chalmers University of Technology. <https://hdl.handle.net/20.500.12380/256553> (gathered 2020-09-09).

Kienegger, Harald; Knigge, Marlene; Krcmar, Helmut and Prifti, Loina. (2017). *A Competency Model for "Industrie 4.0" Employees: 13th International Conference on Wirtschaftsinformatik*. St. Gallen, Switzerland February12-15,2017. https://www.researchgate.net/publication/314391765_A_Competency_Model_for_Industrie_40_Employees (gathered 2020-09-14).

Knezic, Kruno. (2017). *Creativity is the key to design for additive manufacturing*. LinkedIn. <https://www.linkedin.com/pulse/creativity-key-design-additive-manufacturing-kruno-knezic/> (gathered 2020-09-02).

Kolb, D. A. (1984). *Experiential Learning: Experience as the Source of Learning and Development*. New Jersey: Prentice-Hall.

Koo, Jenna. (2020). *What is a Smart Factory? (And what it means for you)*. Tulip. <https://tulip.co/blog/digital-transformation/what-is-a-smart-factory-and-what-it-means-for-you/> (gathered 2020-10-08).

Kirchner, Matthew D. (2017). *Teaching the Industrial Internet of Things*. Mequon. <https://labmidwest.com/wp-content/uploads/2017/09/Teaching-IIoT-Preparing-Students-and-Learners-for-Industry-4.0-2.pdf> (gathered 2020-10-15).

Kreimeier, Dieter. (2016). *Die LPS Lernfabrik Qualifizierung in einem realitätsnahen Fabrikumfeld*. Ruhr-Universität Bochum. [PowerPoint slides]. https://www.uni-siegen.de/smi/aktuelles/20161115_lps_lernfabrik_praesentation_kreimeier.pdf (gathered 2020-09-10).

K3 Syspro. (n.d). *What's the Difference Between 3D Printing and Additive Manufacturing?* <https://www.k3syspro.com/advice-centre/erp-advice/whats-the-difference-between-3d-printing-and-additive-manufacturing/>. (gathered 2020-10-1).

LAB Midwest. (2020). *How to Teach Industry 4.0 in 2020*. <https://www.youtube.com/watch?v=OhbDfAZ6JUc> (gathered 2020-10-16).



Lead The Change Community. (2019). *KEY COMPETENCIES FOR INDUSTRY 4.0 — NEGOTIATION AND CREATIVITY*. Medium. <https://medium.com/@LeadTheChange/key-competencies-for-industry-4-0-negotiation-and-creativity-2f7685f8d49f> (gathered 2020-09-14).

Lee, Hee Jang and Shvetsova A. Olga. (2019). *The Impact of VR Application on Student's Competency Development: A Comparative Study of Regular and VR Engineering Classes with Similar Competency Scopes*. https://www.researchgate.net/publication/332386448_The_Impact_of_VR_Application_on_Student's_Competency_Development_A_Comparative_Study_of_Regular_and_VR_Engineering_Classes_with_Similar_Competency_Scopes. (gathered 2020-09-02).

Leinweber S. Etappe 3: Kompetenzmanagement. In: Meifert MT, editor. *Strategische Personalentwicklung - Ein Programm in acht Etappen*. 3rd ed. Wiesbaden: Springer Fachmedien; 2013

Linke, Rebecca. (2017). *Additive manufacturing, explained*. MIT management. <https://mitsloan.mit.edu/ideas-made-to-matter/additive-manufacturing-explained>. (gathered 2020-10-1).

Loughborough University. (n.d). *About Additive Manufacturing*. <https://www.lboro.ac.uk/research/amrg/about/the7categoriesofadditivemanufacturing/vatphotopolymerisation/> (gathered 2020-10-02).

Marr, Bernard. (2018). *What is Industry 4.0?* Forbes. <https://www.forbes.com/sites/bernardmarr/2018/09/02/what-is-industry-4-0-heres-a-super-easy-explanation-for-anyone/?sh=4acd83579788>. (gathered 2020-10-15).

McNeill, Jane. (2019). *SKILLS VS. COMPETENCIES – WHAT'S THE DIFFERENCE, AND WHY SHOULD YOU CARE*. Hays. <https://social.hays.com/2019/10/04/skills-competencies-whats-the-difference/> (gathered 2020-10-09).

Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Wohnungsbau Baden-Württemberg. (2019). *Lernfabriken 4.0 in Baden-Württemberg*. <https://wm.baden-wuerttemberg.de/de/innovation/schlueseltechnologien/industrie-40/lernfabrik-40/> (gathered 2020-09-10).

O'Sullivan, D., Rolstadås, A., and Filos, E. (2011). Global education in manufacturing strategy. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 22(5), 663–674. <https://doi.org/10.1007/s10845-009-0326-2>.

OTTO Motors. (2019). *What Is the Smart Factory and Its Impact on Manufacturing?*. <https://ottomotors.com/blog/what-is-the-smart-factory-manufacturing>. (gathered 2020-10-15).

Pappas, Christopher. (2014). *Instructional Design Models and Theories: The Discovery Learning Model*. <https://elearningindustry.com/discovery-learning-model> (gathered 2020-09-29)

Prince J. Michael and Felder M Richard. (2006). *Inductive Teaching and Learning Methods: Definitions, Comparisons, and Research Bases*. *Journal of Engineering Education*. American Society for Engineering Education. <https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2006.tb00884.x> (gathered 2020-10-17).

PwC. (2016). *Skills for Key Enabling Technologies in Europe State-of-Play, Supply and Demand, Strategy, Recommendations and Sectoral Pilot*. Directorate-General for Internal Market, Industry, Entrepreneurship and SMEs (European Commission). https://ec.europa.eu/growth/content/final-report-skills-key-enabling-technologies-europe-0_en (gathered 2020-08-26).

PwC. (2020). *Skills for Industry Curriculum Guidelines 4.0 Future-proof education and training for manufacturing in Europe*. Executive Agency for Small and Medium-sized Enterprises (European Commission). <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/845051d4-4ed8-11ea-aece-01aa75ed71a1> (gathered 2020-09-05).

QEC. (n.d). *Duties and Responsibilities of a Teacher*. <https://ntu.edu.pk/qec/duties-and-responsibilities-of-a-teacher/> (gathered 2020-10-15).

Raji, R.S. (1994). *IEEE Spectr.* 31 (6) 49–55 (gathered 2020-10-17).

Rotherham A.J. and Willingham D. (2009) “21st Century Skills: The Challenges Ahead”.

Serhat, Kurt. (2020). *Problem-Based Learning (PBL)*. Educational technology. <https://educationaltechnology.net/problem-based-learning-pbl/> (gathered 2020-09-25).



Smith, A. (2001). *Return on investment in training: Research readings*. Leabrook, S. Aust.: NCVER

Spectral Engines. (2018). *Industry 4.0 and how smart sensors make the difference*.

<https://www.spectralengines.com/articles/industry-4-0-and-how-smart-sensors-make-the-difference> (gathered 2020-10-01).

Tether, B., Mina, A., Consoli, D., and Gagliardi, D. (2005). *A literature review on skills and innovation: How does successful innovation impact on the demand for skills and how do skills drive innovation? A CRIC report for the department of trade and industry*. Manchester, England: ESRC Centre for Research on Innovation and Competition.

Thames, L., and Schaefer, D. (2016). *Software-defined Cloud Manufacturing for Industry 4.0*. *Procedia CIRP*, 52, 12–17. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.07.041>.

The Challenge Institute. (2018). *Challenge based learning*. <https://www.challengebasedlearning.org/> (gathered 2020-09-28).

Throughput. (2019). *Smart Supply Chain Management: Why it is Important to Implement?*

<https://throughput.world/blog/smart-supply-chain-management/> (gathered 2020-10-17).

University of Illinois Board of Trustees, et al. (2020). *JUST-IN-TIME TEACHING*. <https://citl.illinois.edu/citl-101/teaching-learning/resources/teaching-strategies/just-in-time-teaching> (gathered 2020-09-25).

University of Illinois Board of Trustees, et al. (2020). *PROBLEM-BASED LEARNING (PBL)*. [https://citl.illinois.edu/citl-101/teaching-learning/resources/teaching-strategies/problem-based-learning-\(pbl\)](https://citl.illinois.edu/citl-101/teaching-learning/resources/teaching-strategies/problem-based-learning-(pbl)) (gathered 2020-09-25).

Vieweg, H.-G. (2011). *Study on the competitiveness of the EU mechanical engineering industry*. Munich: Ifo Institute

Vulkov, Volen. N.d. *3d Printing Skills: Example Usage on Resumes, Skill Set & Top Keywords in 2020*. Enhacv.

<https://enhacv.com/resume-skills/3d-printing/>. (gathered 2020-09-02).

Whitton, Nicola. (2012). *Games-Based Learning*. https://link.springer.com/referenceworkentry/10.1007%2F978-1-4419-1428-6_437 (gathered 2020-09-29).

Wirtschaft digital Baden-Württemberg. (2020). *Lernfabriken*. <https://www.wirtschaft-digital-bw.de/zielgruppen/produzierendes-gewerbe/lernfabriken-industrie-40/> (gathered 2020-09-10).

Zamboni, Jon. (2018). *What Are Examples of Technical Competencies?* Leaf Group Media. <https://careertrend.com/how-5867853-write-competency-based-resume.html> (gathered 2020-10-17).

Zhong, R. Y; Xu, X; Klotz, E; and Newman, S. T. (2017). *Intelligent Manufacturing in the Context of Industry 4.0: A Review*. *Engineering*, 3(5), 616–630. <https://doi.org/10.1016/J.ENG.2017.05.015>

