



ANUARI D'EMPRENEDORIA, ECONOMIA I INNOVACIÓ SOCIAL 2021

CENTRE D'ESTUDIS I DE RECERCA EN EMPRENEDORIA I INNOVACIÓ SOCIAL (CREIS)

UAB

Universitat Autònoma de Barcelona



Àrea de Desenvolupament
Econòmic, Turisme i Comerç

L'Anuari d'Emprenedoria, Economia i Innovació Social és una col·lecció d'accés obert promoguda i coordinada pel Centre d'Estudis i de Recerca en Emprenedoria i Innovació Social (CREIS), un centre de recerca interdisciplinària per a l'estudi del fenomen de l'emprenedoria i la innovació social, dels factors que el determinen i de l'impacte que els projectes socials susciten sobre l'economia en general i sobre les persones en particular. La col·lecció es planteja l'objectiu de tractar els diferents temes d'interès social des d'un doble vessant. Primer, des d'un punt de vista proper, vinculat al territori, i amb voluntat d'influir en la definició de les polítiques públiques. I segon, proporcionant la mirada àmplia i rigorosa amb què els experts, acadèmics i no acadèmics, poden analitzar aquests problemes, ajudar a comprendre'n l'origen, i indicar com cal gestionar-los i resoldre'ls de la millor manera possible.

El Anuario de Emprendimiento, Economía e Innovación Social es una colección de acceso abierto promovida y coordinada por el Centro de Estudios y de Investigación en Emprendimiento e Innovación Social (CREIS), un centro de investigación interdisciplinaria para el estudio del fenómeno del emprendimiento y la innovación social, de los factores que lo determinan y del impacto que suscitan los proyectos sociales sobre la economía en general y sobre las personas en particular. La colección se plantea el objetivo de tratar los diferentes temas de interés social desde una doble vertiente. Primero, desde un punto de vista cercano, vinculado al territorio, y con voluntad de influir en la definición de las políticas públicas. Y segundo, aportando la mirada amplia y rigurosa con que los expertos, académicos y no académicos, pueden analizar estos problemas, ayudar a comprender su origen, e indicar cómo hay que gestionarlos y resolverlos de la mejor manera posible.

The Yearbook in Entrepreneurship, Economy and Social Innovation is an open access collection promoted and coordinated by the Center for Studies and Research in Entrepreneurship and Social Innovation (CREIS), an interdisciplinary research center for the study of the phenomenon of entrepreneurship and social innovation, its causal factors, and the impact that social projects have on the economy in general, and people in particular. The collection sets itself the objective of dealing with the different topics of social interest from a double perspective. In the first place, from a close point of view, connected to the territory, and with the will to influence the definition of public policies. Second, providing the broad and rigorous view with which experts, academic and non-academic, can analyze these problems, help to understand their roots, and advise on how they must be managed and solved in the best possible way.

L'Annuaire en Entrepreneuriat, Économie et Innovation Sociale est une collection en libre accès promue et coordonnée par le Centre d'Études et de Recherche en Entrepreneuriat et Innovation Sociale (CREIS), un centre de recherche interdisciplinaire pour l'étude du phénomène de l'entrepreneuriat et l'innovation sociale, des facteurs qui la déterminent et de l'impact que les projets sociaux suscitent sur l'économie en général, ainsi que sur les personnes en particulier. La collection s'est fixé l'objectif de traiter les différents sujets d'intérêt social à partir d'une double perspective. Tout d'abord, d'un point de vue proche, associé au territoire, et avec la volonté d'exercer une influence sur la définition des politiques publiques. Ensuite, en apportant la vision élargie et rigoureuse avec laquelle les experts, universitaires ou non universitaires, peuvent analyser ces problèmes et faciliter la compréhension de leur origine, et indiquer comment il faut les gérer et les résoudre le mieux possible.

Editors / Editores / Editors / Éditeurs:

Marta-Patricia Aparicio y Montesinos, CREIS-UAB
Hector Sala Lorda, CREIS-UAB

Disseny i maquetació:

PI-ART scp / Servei de Publicacions de la UAB

Edició:

Universitat Autònoma de Barcelona
Servei de Publicacions
Edifici A. 08193 Bellaterra (Cerdanyola del Vallès). Spain
sp@uab.cat
<http://publicacions.uab.cat>

ISBN: 978-84-490-9881-9

ANUARI D'EMPREDORIA, ECONOMIA I INNOVACIÓ SOCIAL està subjecte a una llicència d'ús Creative Commons:



Reconeixement – No comercial – Sense obra derivada (by-nc-nd): no es permet un ús comercial de l'obra original ni la generació d'obres derivades.

Índex

Presentació	4
--------------------------	---

A. EXPERIÈNCIES TERRITORIALS

1. Iniciatives socials i transformadores en temps de pandèmia. Experiències singulars	8
Consell Comarcal del Vallès Occidental	
Consell Comarcal del Vallès Oriental	
2. L'economia social i solidària al Vallès Occidental i al Vallès Oriental	29
Observatori-Centre d'Estudis Vallès Occidental	
Observatori-Centre d'Estudis Vallès Oriental	

B. MONOGRAFIES

3. Canvis i transformació socioeconòmica en temps de crisi: bases de la Llei d'Economia Social i Solidària i Pacte d'una Economia per la Vida	54
Guillem Llorens i Gragera, <i>president de la Confederació de Cooperatives de Catalunya i de l'AESCAT</i>	
4. ODS i emprenedoria, economia i innovació social	65
Jordi Boixader, <i>Diputació de Barcelona</i>	
5. Tecnologia i economia circular: tendències cap a nous models de negoci i patrons de consum	86
Laura Talens Peiró, <i>ICTA-UAB</i>	
Jordi Verdú Tirado, <i>CREIS-UAB</i>	
6. Digitalització de la governança de les cooperatives: Cercles.Coop	104
Lorena Torró i Garrido, <i>direcció de CoopCat</i>	
Cristina Ferraté i Anguera, <i>àrea tècnica de CoopCat</i>	
7. El valor social integrat: metodologia i aplicació a la Fundació Formació i Treball	112
Irene Febrer Daunas, <i>Formació i Treball</i>	
Isaías Galindo Abellán, <i>Formació i Treball</i>	
Alexandra González Pozuelo, <i>Formació i Treball</i>	
Ana de Veciana Vila, <i>Formació i Treball</i>	
Paula Veciana Botet, <i>Formació i Treball i CREIS-UAB</i>	
8. Model de diagnòstic sociorelacional d'organitzacions (DSRO): una simulació	134
Hugo Valenzuela-Garcia, <i>CREIS-UAB</i>	
José Luis Molina, <i>UAB</i>	

5. Tecnologia i economia circular: tendències cap a nous models de negoci i patrons de consum

Autors | Laura Talens Peiró, ICTA-UAB

| Jordi Verdú Tirado, CREIS-UAB

1. Introducció

Les noves tecnologies de la informació i la comunicació (TIC), concretament els actius intel·ligents, ofereixen noves oportunitats per contribuir al desenvolupament sostenible i a la reducció dels impactes ambientals de diverses maneres. El fet de poder obtenir informació sobre l'estat, la ubicació i la disponibilitat de qualsevol «cosa» (actiu) ha propiciat el desenvolupament de noves tendències i models de negoci, així com nous patrons de consum basats en els principis clau de l'economia circular: maximitzar l'ús dels actius i la regeneració del capital natural (Verdú, 2018).

Cal tenir en compte, però, que quan es parla d'actiu intel·ligent s'ha de fer des d'una concepció dual, és a dir, tenint en compte que existeix un component *hardware* (maquinari) i un component *software* (que fa que aquest maquinari funcioni correctament). Tot i que els actius intel·ligents concentren cada cop més funcionalitats —i, per tant, simplifiquen

el nombre de dispositius per proveir diversos serveis—, existeixen estudis que assenyalen que la seva petjada ambiental és molt més significativa i fan un ús més intensiu de materials (Talens i Ayres, 2012). Això es fa encara més evident quan es compara un actiu intel·ligent amb productes que ni tan sols integren tecnologies digitals.

Al 2002 ja s'estimava que la producció d'un xip de 2 G requereix mil vegades el seu pes en materials i energia (Williams i Ayres, 2002). A més dels impactes ambientals que poden derivar-se del consum de recursos, aquests actius també tenen una petjada significativa en l'etapa d'ús. A la UE, i des del punt de vista energètic, les TIC representen un 8–10 % del consum d'electricitat i fins a un 4 % de les emissions de CO₂ (Carbon footprint, 2021). Des del punt de vista del reciclatge o gestió final, els actius intel·ligents representen un gran repte a causa de la baixa taxa de recollida, de la comple-

xitat de l'arquitectura del maquinari, que molts cops impedeix estratègies que allarguin la seva vida útil, i de la gran variabilitat de materials emprats, alguns regulats sota les directives de la RoHS (Directive 2011/65/EC) i REACH (EC Regulation No 641/2009).

D'altra banda, també cal destacar que molts d'aquests actius intel·ligents no arriben a completar la seva vida útil a causa del ràpid desenvolupament tecnològic i de la manca de disponibilitat de programari que faciliti una segona vida útil sense comprometre aspectes de seguretat i privacitat de dades. Si s'analitza un actiu intel·ligent des d'un punt de vista sistèmic, es pot veure que, per tal que el programari funcioni correctament, es requereix maquinari addicional, com ara antenes, rúters i servidors. Un simple correu electrònic genera uns 4 g d'emissions de CO₂ equivalents; i si aquest inclou un arxiu adjunt pot arribar fins als 50 g de CO₂ equivalents (Berners-Lee, 2011).

Ens trobem en un moment de canvi i transició important. La UE ha definit tant la digitalització com la transició ecològica com a prioritats en el Pacte Verd Europeu 2050 (The

European Green Deal). La raó d'incorporar aquests dos elements —digitalització i transició ecològica— de forma combinada rau en la necessitat de poder desvincular la creació de valor del consum de recursos naturals i, en conseqüència, del seu impacte ambiental. Aquest procés es coneix com a desacoblament.

En aquest article es proposa una anàlisi de les noves oportunitats que ofereixen els actius intel·ligents quan es combinen amb els principis de l'economia circular per aconseguir el desacoblament. En segon lloc, es plantegen les possibles limitacions que poden existir des del punt de vista ambiental aplicant una perspectiva de cicle de vida i vinculant-la a les diverses estratègies d'optimització de productes proposades per l'economia circular. Dintre de les estratègies de l'economia circular es fa especial èmfasi en les limitacions relacionades amb el maquinari, però també en les vinculades al programari. Finalment, es proposen de forma breu diferents casos d'èxit que han fet ús del potencial de la tecnologia sense deixar de pensar en la sostenibilitat i la minimització de l'impacte ambiental.

2. Els actius intel·ligents i la seva contribució a la sostenibilitat

Les TIC agrupen en un sentit ampli tots els elements i tècniques requerits per al tractament i la transmissió d'informació i, per tant, es pot considerar que el concepte TIC és dinàmic —a finals del segle XIX el telèfon pertanyia a un concepte TIC que ha evolucionat enormement, com també ho han fet les tecnologies. Per poder dur a terme aquest tractament i transmissió de la informació es requereix una combinació de maquinari (*hardware*) i programari (*software*) que ofereixi unes funcionalitats particulars. La necessitat de combinar la part física o component tangible (dispositius, maquinaris,

sensors...) i la part *software*, allò que no podem tocar i que permet el funcionament correcte de la part física, queda perfectament definida amb el model de capes OSI (interconnexió de sistemes oberts) de la figura 1a. Aquest és el model de referència assumit en el sector de les TIC per poder assegurar compatibilitat i interoperabilitat entre tots els fabricants a escala mundial. La importància d'aquest model és capital, no només perquè els sistemes puguin funcionar correctament, sinó perquè sistemes conformat amb dispositius de diferents fabricants també ho puguin fer. De forma molt esquemà-

tica, tal com es mostra a la figura 1b, les dades que generen actius intel·ligents són enviades a la xarxa —al núvol— i processades en les diferents aplicacions que en fan ús. Els actius intel·ligents són aquells objectes o recursos físics que

tenen la capacitat de capturar dades o proporcionar informació sobre si mateixos o sobre el seu entorn, generalment per mitjà d'un sensor (llum, temperatura, presència, etc.).

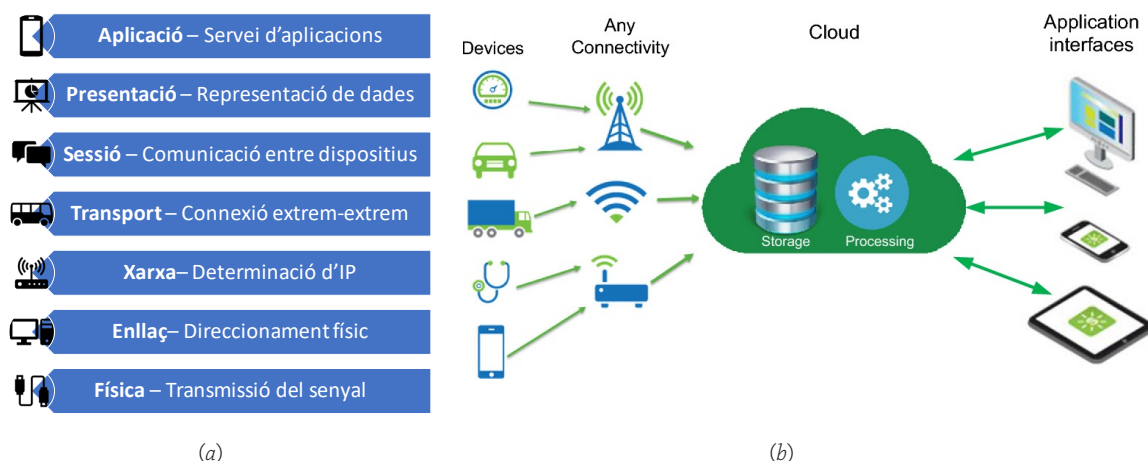


Figura 1. (a) Model de capes OSI per a la compatibilitat entre tots els actors en el marc de les comunicacions.

(b) Flux de dades des de la generació de dades en els sensors i actius intel·ligents i la seva utilització en diferents aplicacions.

La interacció entre la part física i la part del *software*, així com el consens per assegurar la compatibilitat i la interoperabilitat han evolucionat de tal manera que avui existeixen grans xarxes de dispositius connectats entre ells que han donat lloc al que s'ha anomenat internet de les coses – IdC (*internet of things* – IoT). Encara que el model OSI proporciona el protocol de comunicacions entre dos dispositius o actius intel·ligents, encara existeix molta divergència en la forma en què es generen les dades i com aquestes són enteses pels diferents dispositius, problemàtica que es dona en les tres capes superiors segons la figura 1a: sessió, presentació i aplicació. Tot i això, la interacció entre actius intel·ligents en el marc de l'IdC afavoreix la generació de nous models de negoci, molts d'ells basats en l'explotació de la informació que es genera a partir d'aquesta xarxa deslligant la creació de valor del consum de recursos (Verdú, 2018).

Amb l'IdC les «coses parlen», és a dir, qualsevol element o actiu de la nostra vida di-

ària pot estar connectat en xarxa i amb altres actius. Per exemple, es pot tenir una rentadora connectada de tal manera que mitjançant un telèfon mòbil intel·ligent es pugui programar de forma senzilla quan fer una bugada, quin programa utilitzar en funció de la càrrega i el tipus de roba, o notificar quan la bugada estarà preparada. Aquest tipus de funcionalitat permet l'obtenció de dades per analitzar-les, presentar-les, emmagatzemar-les i comunicar-les, de fet, per generar informació. I alhora, la rentadora està connectada a la xarxa elèctrica de forma que es posarà en marxa en el moment en què la generació d'energia solar sigui màxima per tal de minimitzar l'ús de l'energia elèctrica de font no renovable.

Aquest exemple es pot estendre a qualsevol altre àmbit de la nostra quotidianitat o a l'àmbit empresarial sempre en la direcció d'afavorir sinergies i relacions necessàries per crear un nou paradigma en els models de negoci.



Figura 2. Representació gràfica de la interconnexió d'actius intel·ligents al núvol que donen lloc a l'IdC.

La proliferació dels actius intel·ligents i la seva interacció i connexió a la xarxa ha catalitzat d'una forma exponencial l'internet de les coses. Aquest desenvolupament tecnològic s'ha donat gràcies a diversos factors.

- En primer lloc, a la popularització de maquinari lliure, més concretament plaques de circuit imprès per plataformes com Arduino (www.Arduino.cc) o Raspberry (www.Raspberrypi.org). Aquestes plaques presenten una estructura molt simple i permeten la connexió de diferents sensors i actuadors, de forma que s'asseleixen infinitat de projectes tan simples com, per exemple, obrir una aixeta d'aigua (actuador) quan es detecta un nivell baix d'humitat (sensor). D'altra banda, el fet que aquestes plataformes segueixin la filosofia de codi lliure (*open source*) (www.Opendsource.org) ha propiciat l'accessibilitat de la població en general a una infinitat de solucions i projectes desenvolupats per altres persones que ha afavorit la democratització de la tecnologia.
- En segon lloc, al desenvolupament de les plaques de maquinari lliure, atès que en els últims anys també hi ha hagut una

fora inversió en el negoci dels sensors. Això ha fet que cada cop sigui més accessible l'adquisició dels sensors a preus molt competitius i amb rendiments excepcionals. El desenvolupament de sensors s'ha fet en els àmbits més diversos (clima, agricultura, tractament d'aigües, indústria, logística, comerç o aplicacions biomèdiques) i ha ampliat de forma massiva l'interès en aquests per part de diferents sectors econòmics.

- Finalment, i en paral·lel als motius anteriors, la constant evolució i millora de les comunicacions ha fet que es disposi d'una infraestructura adequada per poder absorbir la quantitat de dades generades per tots aquests sensors. A partir d'aquest moment s'obren nous reptes i noves oportunitats. Què fem amb tantes dades? Com les podem gestionar? Quina informació volem extraure'n concretament? De fet, el problema ja no és l'adquisició de les dades sinó la gestió d'aquestes per obtenir informació útil.

La primera definició del concepte de l'internet de les coses la va proposar Kevin Ashton el 1999. Aleshores ja proposava conceptes que

encaixen a la perfecció amb els principis de l'economia circular; és a dir, proposava el disseny i l'ús de sistemes per optimitzar l'ús de recursos i reduir les pèrdues. Literalment va exposar que, si hi haguessin computadores capaces de conèixer tot el que s'ha de conèixer sobre les coses, fent ús de dades recopilades sense intervenció humana, es podria rastrejar i comptar qualsevol cosa i reduir en gran mesura el malbaratament, la pèrdua i el cost econòmic. Es podria saber quan un objecte ha de ser reparat, reemplaçat o retirat del mercat i en quines condicions es troba aquest objecte (Ashton, 2009).

Segons IoT Analytics, i tal com es pot veure a la figura 3, la previsió és que el 2025 hi hagi un total de 21,5 bilions de dispositius connectats. L'increment esperat d'aquest nombre és del 17 % des de 2018. Certament, aquestes xifres macro són un reflex de com està canviant el món que ens envolta. Ara les «coses» poden parlar entre elles sense la intervenció humana i això desemboca en la generació de noves formes d'interacció i nous models de negoci on l'economia circular es converteix en gairebé una necessitat vital, sobretot si alhora volem reduir la petjada ambiental potencial d'aquests sistemes.

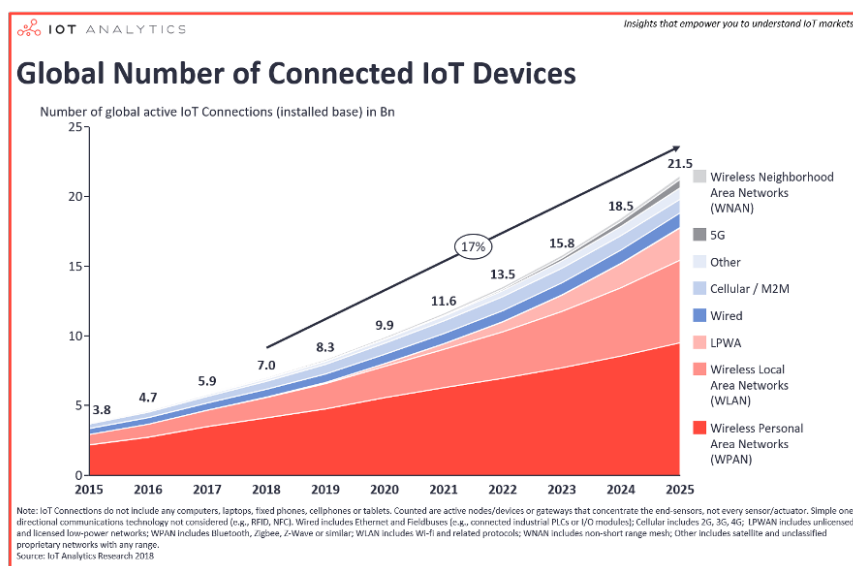


Figura 3. Evolució i previsió del nombre de dispositius connectats (IoT Analytics, 2021).

No obstant això, aquest desenvolupament exponencial també presenta una sèrie de reptes que s'han de superar:

- En primer lloc, l'estandardització del programari i la forma en què s'adquireixen i es comuniquen les dades. Aquest desenvolupament exponencial no només ha generat un increment d'empreses tecnològiques relacionades amb el desenvolupament de solucions IdC, sinó també un increment en empreses focalitzades en

l'àmbit de les comunicacions. Cadascuna d'aquestes empreses decideix de quina forma un dispositiu intel·ligent parlarà amb un altre, i quan es parla de dispositiu intel·ligent no només es parla de sensors, sinó també de telèfons mòbils, dispositius portàtils o d'altres. Encara que existeixen organismes reguladors com la International Organization for Standardization o la International Telecommunications Union, entre d'altres, aquest continua sent un repte que reclama de

les diferents empreses una complicitat en pro del bé comú.

- En segon lloc, la gestió de dades. Tal com es mostra a la figura 4, la predicció de diferents empreses i organismes, com ara ASociety, és que el 2025 tindrem un trànsit de dades mòbils d'aproximadament uns 164 exabytes mensuals. Com a mesura, podem dir que 1 exabyte (EB) és l'equivalent a 6.900 milions de discs en format mp3, o que Google té un total de 15 EB repartits entre tots els seus servidors. No és difícil d'entendre, per tant, que la manera de gestionar aquesta massa de dades serà clau per poder tenir èxit en el desenvolupament de l'IdC.
- En tercer lloc, la seguretat i la privacitat. L'ús inconscient que es fa dels diferents dispositius intel·ligents, el canvi de contrasenyes i que aquestes siguin segures o la manca d'actualitzacions en els dispositius ha incrementat de forma notable els riscos relacionats amb la ciberseguretat i ha facilitat l'accés d'aplicacions malicioses a les dades sensibles de les plataformes d'IdC. Les plataformes d'IdC es consideren el punt més vulnerable a atacs informàtics, ja que les directrius de seguretat no s'han documentat adequadament (Conti *et al.*, 2018). Tècniques

de pesca (*fishing*) orientades a empleats o particulars per compartir dades sensibles comprometen les plataformes corporatives i personals. El repte, doncs, és poder millorar l'autenticació de la informació, l'encryptació de dades, la detecció d'intrusisme en temps real i la protecció de dispositius i aplicacions. Tots aquests factors també tenen un efecte important en les administracions públiques, no només d'àmbit regional sinó també internacional. La possibilitat que diferents països puguin compartir dades per facilitar el desenvolupament d'aquestes plataformes exigeix la millora substancial dels aspectes de seguretat i privadesa.

- Finalment, un altre factor important que pot limitar el desenvolupament de plataformes d'IdC és la falta de projectes desenvolupats a gran escala. Fins ara existeix un gran nombre de projectes de petit abast, però encara que la majoria d'aquests poden ser escalables a un àmbit més ampli, encara falten experiències globals que demostrin la viabilitat tècnica d'aquestes plataformes. En certa manera, aquesta falta d'experiències prèvies està molt relacionada amb els reptes que cal superar per desenvolupar plataformes i projectes d'IdC a gran escala.

5G networks forecast to carry nearly half of the world's mobile data traffic in 2025

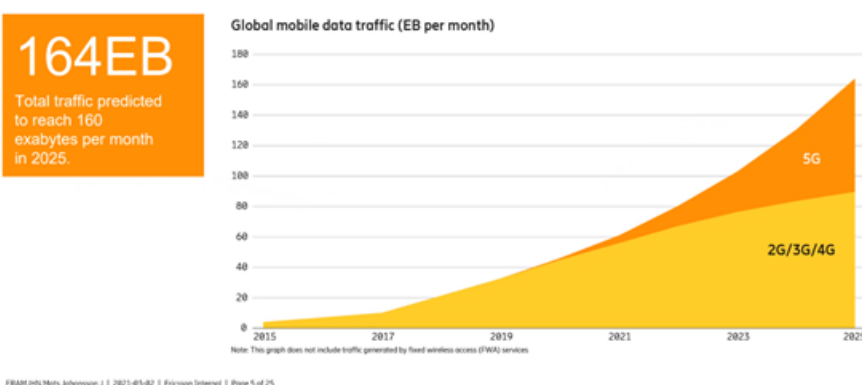


Figura 4. Evolució del trànsit de dades mòbils calculades en exabytes/mes (ASociety, 2021).

3. L'economia circular i la sostenibilitat aplicades als actius intel·ligents

L'economia circular pretén aplicar estratègies observades en els ecosistemes i la natura als sistemes antropogènics, és a dir, creats pels éssers humans, per tal de reduir-ne l'impacte ambiental mitjançant productes amb una vida útil més llarga i afavorir el tancament dels cicles de materials, tal com ho il·lustra la figura 5. Els principis de l'economia circular podríem simplificar-los en tres:

- Preservar i millorar el capital natural controlant els estocs i equilibrant els fluxos de recursos renovables. Les actuacions estan centrades a regenerar, desmaterialitzar i compartir.
- Optimitzar l'ús de recursos mitjançant la recirculació de productes, components i materials en cicles biològics (color verd) i en cicles tècnics (color blau). En aquest punt és important definir que, en els cicles biològics, diferents processos permeten regenerar els materials descartats, amb o sense la intervenció humana. En

els cicles tècnics amb la suficient energia disponible, la intervenció humana recupera els diferents recursos.

- Fomentar l'eficiència de sistema.

Els actius intel·ligents estan compostos principalment per materials tècnics com els polímers o plàstics i els metalls, que necessiten la intervenció humana a través de processos químics i físics per poder tancar els seus cicles. Entre les estratègies més importants per aplicar els principis de l'economia circular cal identificar el manteniment, la reutilització, la remanufactura i el reciclatge dels actius intel·ligents. Els majors guanys ambientals, sobretot relatius a l'ús de recursos materials, es generen aplicant les estratègies representades pels bucles més petits, és a dir, el més eficient seria poder potenciar el manteniment a nivell d'usuari, i el menys eficient, la restauració en el fabricant de materials en el diagrama de la figura 5. El reciclatge de productes és l'última oportunitat per tancar els cicles dels materials.

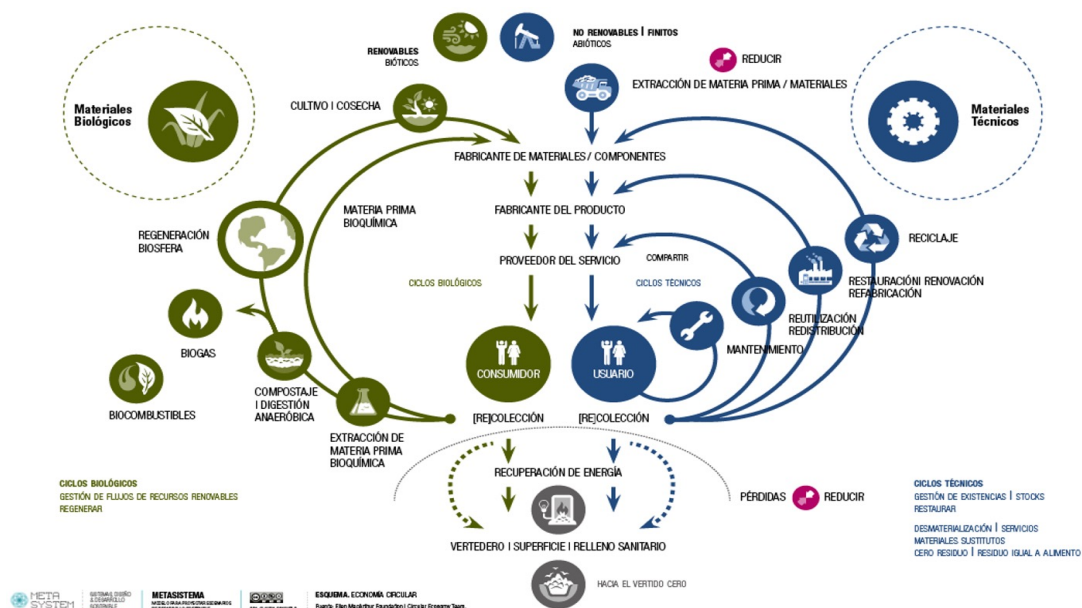


Figura 5. Descripció de les diverses estratègies en economia circular (Metasystem design).

La figura 5 també pretén transmetre el missatge que, per tal que hi hagi un guany ambiental global, cal considerar una visió holística que inclogui totes les etapes vinculades al cicle de vida associades als actius intel·ligents. És a dir, que integri i optimitzi els processos des de les etapes d'extracció de matèries primeres i la seva purificació per la manufactura, fins a l'etapa d'ús i la gestió final. Basant-nos en aquests factors podem identificar quatre punts clau per afavorir la implementació de l'economia circular: el desenvolupament d'actius intel·ligents ecodissenyats, el foment i l'accessibilitat de programari (*software*) compatible entre fabricants, la traçabilitat i el concepte de la logística inversa, i el desenvolupament d'eines digitals que permetin modelitzar sistemes des del cicle de vida.

■ 3.1. Desenvolupament d'actius intel·ligents ecodissenyats

Des de la presentació del pla d'acció en economia circular durant la Conferència de les Parts de la Convenció Marc de les Nacions Unides (COP21) de 2015, s'han començat a desenvolupar diverses accions en aquesta direcció en el marc de la Comissió Europea (EC, Closing the Loop, 2015). Moltes d'aquestes accions s'han centrat a entendre millor la rellevància dels equips elèctrics i electrònics, particularment dels actius intel·ligents, com a flux de residu i sobretot com a font alternativa de recursos. Un exemple n'és la incorporació progressiva d'aspectes relacionats amb l'eficiència de materials en les noves regulacions d'ecodisseny. El 2017, un estudi comissionat pel Parlament Europeu determinava que sis de les noves regulacions d'ecodisseny de productes incorporaven aspectes relacionats amb l'eficiència de materials. Entre les mesures implementades s'identifiquen: la durabilitat del producte o de les seves parts per a productes d'il·luminació i aspiradores; informació sobre manteniment i desmuntatge per a aspiradores i equips de refrigeració professional; i informació sobre la gestió final del producte per a escalfadors (Gabarrell *et al.*, 2017).

Durant el desenvolupament d'aquestes regulacions es va posar de manifest la necessitat de definir metodologies d'avaluació i nous processos de verificació de criteris en eficiència de materials. Com a resultat a la sol·licitud d'estandardització M/543, es va establir el comitè tècnic CEN/CLC/JTC10, que ha desenvolupat tota una sèrie d'estàndards incloent-hi mètodes generals per avaluar la durabilitat, l'habilitat de remanufactura, la reparabilitat, la reutilització i l'actualització, la reciclabilitat i la recuperabilitat, la proporció de components reutilitzats, la proporció de contingut de materials reciclats, la declaració de la quantitat dels materials fonamentals i la disponibilitat de proporcionar informació sobre aspectes d'eficiència de materials (EN45552 – EN45559). La seva publicació representa un gran suport de cara a millorar el disseny dels actius intel·ligents.

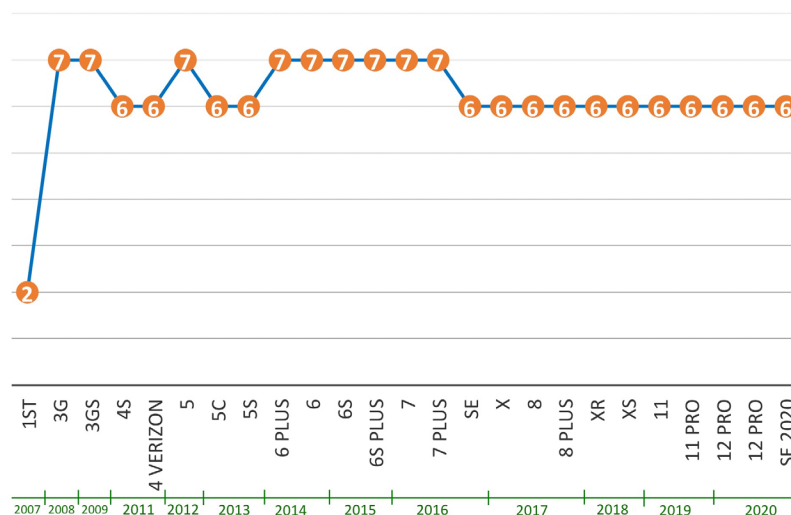
En referència al maquinari en el marc de l'IdC, existeixen regulacions per a ordinadors i petits servidors (EU 617/2013), servidors i productes d'emmagatzematge de dades (EU 2019/424), equipament d'imatge (COM 2013/023), consols de videojocs (COM 2015/178) i els modes d'espera i apagada (EU 801/2013). Actualment s'estan analitzant els telèfons mòbils, els telèfons intel·ligents i les tauletes (Schischke *et al.*, 2021). Aquest informe, actualment en fase de consulta pública, inclou diverses mesures en eficiència de materials, com ara la disponibilitat de peces de recanvi juntament amb el temps de disponibilitat i el cost de les peces, l'accessibilitat a la informació de reparació i manteniment i els requeriments per al desmuntatge.

Però no només les regulacions són importants, sinó també els indicadors que permetin valorar, per exemple, la reparabilitat dels actius intel·ligents. En aquest sentit, existeixen alguns organismes o empreses que han desenvolupat un sistema de valoració amb l'objectiu de proporcionar un índex de reparabilitat, com és el cas d'Ifixit (www.ifixit.com). La figura 6 mostra l'evolució de l'índex de reparabilitat de dos dels models més populars de telèfons mòbils en les seves diferents versions des de 2007 fins a l'actualitat: iPhone (a) i Samsung Galaxy (b). En el cas dels models iPhone, mostra com

l'índex de reparabilitat ha anat variant d'un valor de 2 el 2007 a valors de 6–7. Es pot observar que el 2007 hi va haver un progrés molt significatiu que posteriorment s'ha estabilitzat sense poder assolir valors superiors. D'altra banda, a la figura 6 (b) observem que la reparabilitat dels models Samsung Galaxy ha tingut una tendència negativa amb el desenvolupament de les noves versions, i ha passat de valors 7–8 en models el 2011 fins a valors molt inferiors, de 2–3, el 2019 i 2020, respectivament. Tot i

que aquests resultats no permeten anticipar la tendència en els pròxims anys, la necessitat de treballar en un millor disseny de l'IdC sembla més que evident en qualsevol cas. Cal destacar també que ja existeixen companyies que treballen amb clars criteris de sostenibilitat, comerç just i justícia social, com és el cas de Fairphone, amb un índex de reparabilitat de 7 en la seva primera versió el 2013, que s'ha consolidat en un 10, la puntuació més alta, en les dues versions següents de 2015 i 2019, respectivament.

a) Índex de reparabilitat del model iPhone (2007-2020)



b) Índex de reparabilitat del model Samsung Galaxy (2011-2020)

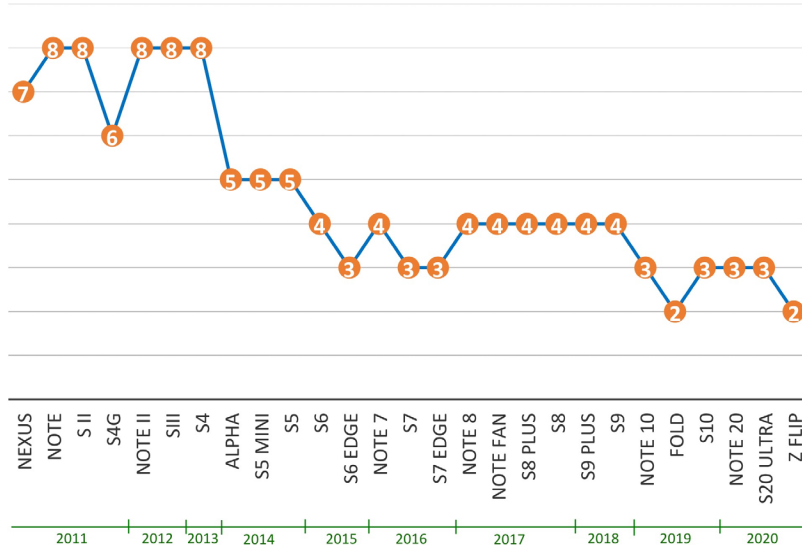


Figura 6. Índex de reparabilitat de telèfons mòbils: a) iPhone, b) Samsung Galaxy. Elaborat a partir d'ifixit.com.

En temes més generals, tot apunta que les mesures en eficiència de materials s'estan implementant progressivament gràcies a les regulacions d'ecodisseny de la UE, tot i que cal fer un esforç extra per homogeneïtzar-les entre els diversos productes seguint els estàndards CEN/CENELEC disponibles.

En conclusió, tota la regulació que s'està desenvolupant per a la millora de la sostenibilitat segons els criteris principals de l'economia circular no només ha de ser significativa per allargar la vida útil i la remanufactura, sinó que també s'ha de considerar la fase de la concepció i disseny dels dispositius, ja que precisament en aquesta fase es podrà tenir en compte com facilitar-ne la reintroducció en la cadena de valor.

■ 3. 2. El paper del programari en la maximització de la vida útil dels actius intel·ligents: compatibilitat i avaluació de l'etapa d'ús

Un dels punts clau per facilitar estratègies de reutilització, reparació i remanufactura del maquinari associat a l'IdC és la disponibilitat del programari. De fet, actualment existeixen algunes regulacions d'ecodisseny que inclouen aspectes sobre la disponibilitat i l'accessibilitat de programari (Talens *et al.*, 2019). En l'esborrany de regulació de telèfons mòbils ja s'inclouen diverses mesures relatives a la reutilització amb l'objectiu de poder esborrar informació continguda al dispositiu, i a la disponibilitat de programari d'actualització, molt important en la fase del disseny del dispositiu (Schischke *et al.*, 2021).

La normativa establerta sobre els requeriments referents al programari estableix que el fabricant ha d'assegurar que s'hi inclou una funció amb l'objectiu de reconfigurar el dispositiu als seus valors de fàbrica; i que s'han d'assegurar actualitzacions de seguretat durant almenys cinc anys, i actualitzacions del sistema operatiu durant almenys tres anys, entre altres requeriments.

Aquests requeriments tenen implicacions molt importants des del punt de vista de la

sostenibilitat. En primer lloc, segons el que es requereix al fabricant, podem reutilitzar un dispositiu durant un màxim de tres anys abans de deixar de tenir disponibles actualitzacions de programari per al seu sistema operatiu. Encara que el terminal pot funcionar amb versions no actualitzades de programari, el període en què això és viable és cada cop més curt, ja que la gran majoria d'aplicacions només funcionaran correctament amb versions actualitzades del sistema operatiu. D'altra banda, també existeix una implicació important des del punt de vista de la remanufactura. Si es pretén reintroduir un dispositiu o una part d'aquest en la cadena de valor, només es podrà fer si el programari associat ho permet, és a dir, haurà de ser compatible amb altres parts o dispositius. Tenint en compte la vida i els requeriments dels sistemes operatius —recordem que és la base del seu funcionament—, no sembla que la reintroducció del maquinari en la cadena de valor es pugui fer efectiva assegurant la compatibilitat i el funcionament correcte. De tota manera, hi ha una proliferació d'alternatives de programari lliure que proveeixen d'eines per poder sobrepassar aquesta limitació, encara que aquestes encara no s'han popularitzat en la societat.

La gran digitalització de dispositius permet fer un seguiment més exhaustiu durant la seva vida útil. Obtenir informació en aquest sentit ajuda a planificar tasques de manteniment i accions preventives que ajuden a reduir la petjada ambiental. Aquest tipus d'informació també és clau per valorar la possibilitat de reutilitzar un actiu intel·ligent o algunes de les parts que s'hi contenen. Un exemple clar n'és l'ús de les bateries de vehicles elèctrics, que poden conservar el 75–80 % de la seva capacitat original i, per tant, són un producte atractiu pel seu potencial de reutilització en aplicacions d'emmagatzematge estacionari després de la seva primera vida (Carbon footprint, 2021). Les dades sobre l'ús de les bateries de vehicles elèctrics s'emmagatzemen en l'anomenat sistema de gestió de bateria (*battery management system*), que recull informació històrica sobre l'estat de càrrega, com per exemple el recompte de cicles i perfils de temperatura, i l'estat de

salut de la bateria. Tota aquesta informació pot ser utilitzada per algorismes per tal de fer una diagnosi d'estats futurs de la bateria (EU Directive 2011/65/EC). Avui en dia, aquests sistemes de monitorització de l'ús s'estan implementant sobretot en empreses productores de vehicles elèctrics interessades a desenvolupar un model de negoci basat en la servitització. Però no resulta sorprenent pensar que d'aquí a un temps hi haurà disponibles diferents aplicacions dissenyades de forma més amigable i accessibles a nivell d'usuari, que facilitaran una millor gestió de les bateries (EU No 622/2012) o altres actius amb un alt component de digitalització.

■ 3.3. Desenvolupament d'eines digitals per millorar la traçabilitat dels actius i la logística inversa

La digitalització permet tenir una major traçabilitat dels productes. D'una banda, el seguiment dels processos de subministrament de materials, de la manufactura de parts i components, i de l'assemblatge final dels actius intel·ligents permet identificar de forma més senzilla i ràpida els punts crítics en la cadena de valor. El seguiment de les etapes de manufactura genera un gran volum de dades que, recollides i formalitzades mitjançant eines digitals, permeten definir i calcular indicadors per a la millora de la presa de decisions i agilitzar la identificació de parts o productes defectuosos. De fet, hi ha una part molt important de la indústria de l'electrònica vinculada als actius intel·ligents que ja inclou sistemes de seguiment que contenen informació sobre la persona que va manipular l'actiu, per quines operacions i processos van passar aquests actius i com va transcórrer aquest procés, quins materials es van utilitzar i d'on provenien. Tota aquesta informació recollida de forma organitzada és vital per demostrar als usuaris finals que poden confiar en la qualitat produïda, sobretot dels actius intel·ligents, però també de productes d'indústries com l'automoció i la medicina, que no poden deixar marge a errors (Both, 2020).

Així mateix, també ha agafat força, amb l'aparició dels actius intel·ligents, el concepte de la logística inversa. A diferència de la logística tradicional, segons la qual un producte final té un recorregut que s'inicia en el fabricant i finalitza en l'usuari, la logística inversa gestiona de quina forma un actiu es pot tornar a reinserir a la cadena de valor, des de l'usuari, en qualsevol de les seves etapes. Així com en la logística tradicional el punt final del producte és molt clar —el client o l'usuari final—, en el procés de logística inversa aquesta destinació dependrà de les condicions en què es trobi l'actiu, si requereix un manteniment, una reparació o directament un reciclatge. Per això és molt important tenir constància de les condicions en què es troba un actiu i on està ubicat.

■ 3.4. Desenvolupament d'eines digitals per a la modelització del guany ambiental dels actius intel·ligents

Per verificar que les mesures proposades en ecodisseny, referents a l'etapa d'ús i traçabilitat, generen un guany ambiental, cal també destinar esforços al desenvolupament i l'aplicació d'eines digitals que permetin modelitzar els impactes ambientals derivats de l'ús de materials i energia en cadascuna de les etapes del cicle de vida. Cal tenir present que cada flux de material i d'energia té un cicle de vida associat i, per tant, tot un seguit d'activitats amb els seus corresponents fluxos de materials, energia i aigua, així com de les emissions i residus que s'hi generen. A la terminologia d'avaluació del cicle de vida (ACV) es defineixen dos sistemes: el sistema de primer pla (*foreground system*) i el sistema de fons (*background system*), que permeten quantificar aquest impacte ambiental. En el sistema de primer pla es quantifiquen les entrades i les sortides en l'etapa del cicle de vida que s'ha d'analitzar, mentre que el sistema de fons inclou les activitats associades a les entrades del sistema de primer pla.

La figura 7 mostra un exemple del sistema de primer pla (color verd) i del sistema de

fons (color marró) del que seria l'etapa d'assemblatge d'un telèfon mòbil. En el sistema de primer pla s'analitza l'etapa d'assemblatge tenint en compte els fluxos d'aigua, energia i materials, i les emissions i residus associats a aquesta etapa. D'altra banda, el sistema de fons inclou com a exemple les activitats vinculades als tres components del telèfon descrits a tall d'exemple: cargols, pantalla i placa de circuit imprès. Cadascuna d'aquestes té un seguit d'activitats i components associades i, per tant, unes entra-

des de materials, aigua i energia, i unes sortides d'aigües residuals, residus sòlids i emissions. En realitat, el sistema de fons es pot descriure com una gran xarxa d'activitats, moltes interconnectades. Per exemple, tot i que a la figura 7 no queda reflectit completament per motius de simplificació, l'electricitat representa un flux d'entrada en totes les activitats descrites. Al mateix temps, la producció d'electricitat també requereix uns fluxos d'energia, materials i aigua.

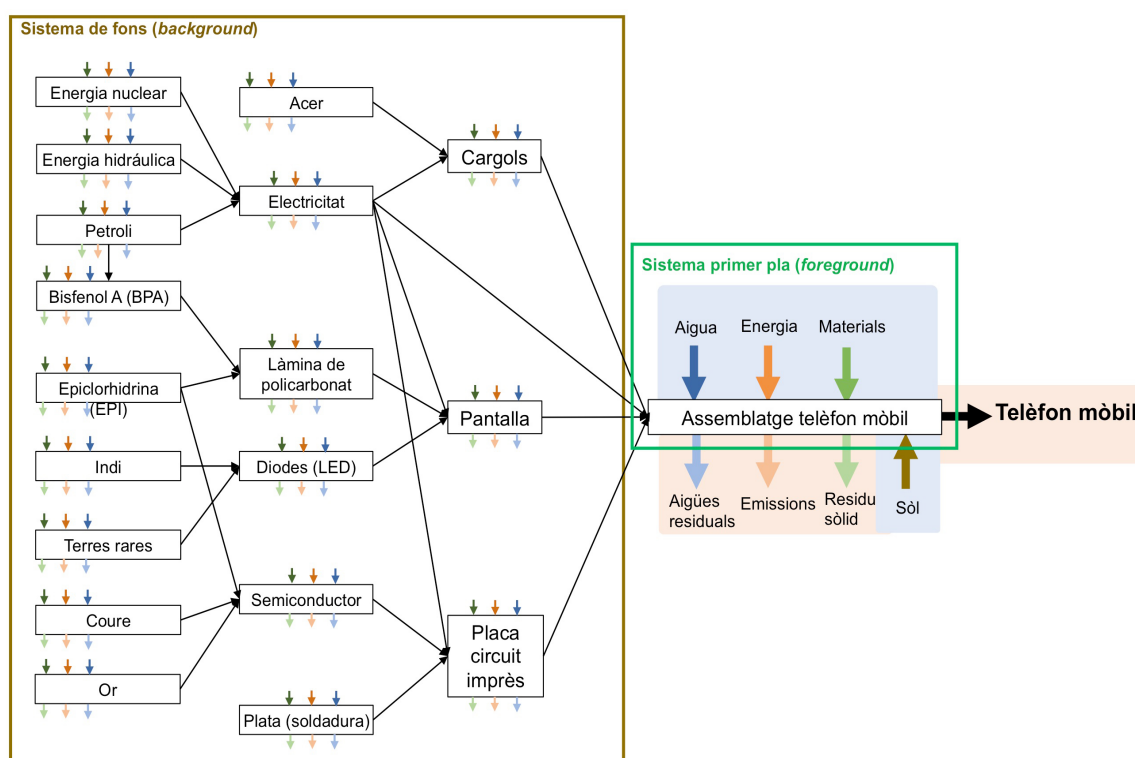


Figura 7. Descripció del sistema de primer pla (*foreground*) i del sistema de fons (*background*) de l'etapa d'assemblatge d'un telèfon mòbil.

Un dels major reptes en l'avaluació ambiental, des del punt de vista del cicle de vida com el representat a la figura 6, és la gestió i correcta definició dels fluxos d'entrada del sistema de fons per poder obtenir resultats robustos sobre l'avaluació ambiental. Cada cop més, la informació referent a l'impacte ambiental està més requerida per part d'usuaris i consumidors en el moment de prendre decisions sobre l'adquisició

de productes. La disponibilitat d'eines digitals resulta clau per poder desenvolupar la quantificació del cicle de vida de serveis i productes, és a dir, per poder desenvolupar anàlisis seqüencials del cicle de vida de forma automatitzada. No cal dir que la digitalització de metodologies permet realitzar-ne una anàlisi reproducible, robusta i transparent. Gràcies a la digitalització, l'ACV s'ha convertit en una eina ben consolidada per fer

avaluacions ambientals de productes i sistemes. No obstant això, malgrat l'existència de diversos programes comercials per a l'ACV, la disponibilitat de dades, sobretot referents als actius intel·ligents (telèfons, tauletes, ordinadors...), encara constitueix una de les principals limitacions per desenvolupar estudis més complets que

reflecteixin de forma més acurada els impactes ambientals associats a la digitalització. El desenvolupament d'inventaris de dades d'activitats, sobretot en el context local i regional, continua sent un element clau sobre el qual s'ha de continuar treballant.

4. Nous models de negoci i patrons de consum (oportunitats)

En aquest nou paradigma que es configura a causa del creixement exponencial de dades i la millora evident de la connectivitat, l'internet de les coses es converteix en una nova infraestructura virtual que és capaç de gestionar l'ús i els moviments d'un actiu a través de la cadena de valor. És important destacar que aquesta nova visió genera beneficis no només per als usuaris sinó també per al seu entorn. Per exemple, una aplicació per trobar aparcament genera un benefici directe per a l'usuari, ja que no haurà de perdre temps a trobar un lloc, però també per a tot el seu ecosistema, ja que es redueixen les externalitats negatives, en aquest cas, la disminució de col·lapses de trànsit o la reducció de les emissions de CO₂. Es podria dir que, en molts casos, les plataformes virtuals són tan o més valuoses que els objectes físics.

D'altra banda, segons el Departament d'Economia i Afers Socials de les Nacions Unides, la previsió és que el 68 % de la població mundial visqui en àrees urbanes el 2050 (World Urbanization Prospects, 2018). Això fa que les grans àrees urbanes es concebin com un banc de proves, d'experimentació i de negoci per a empreses del sector de l'IdC —d'aquí també la popularització del concepte de ciutats intel·ligents. Cal destacar que gran part d'aquestes empreses estan explorant la interacció que es dona entre els actius intel·ligents i l'economia circular com a solució a la servitització, és a dir,

a la desvinculació entre la creació de valor i el consum de recursos materials.

Tal com s'ha vist anteriorment, els principis bàsics en què es fonamenta l'economia circular són l'extensió de la vida dels productes, en qualsevol de les seves formes (reutilització, reparació, remanufactura) i la regeneració del capital natural. D'altra banda, els actius intel·ligents ofereixen la possibilitat de conèixer la disponibilitat dels objectes, quines són les seves condicions d'ús i la seva disponibilitat. Aquesta sinergia que es dona entre l'IdC i l'economia circular és molt interessant en quelcom que és completament necessari en el context global en què ens trobem: la desvinculació entre el consum de recursos naturals i la creació de valor. Tenint en compte els punts clau de l'economia circular i el coneixement que aporten els actius intel·ligents, es pot confeccionar la taula 1, on la interacció dels dos eixos proveeixen noves oportunitats de negoci. Per exemple, si es pretén incrementar l'ús d'un actiu mitjançant la seva localització ràpida, es poden explorar desenvolupaments i aplicacions en l'àmbit de la localització en temps real. Existeixen diverses empreses que han començat a desenvolupar i comercialitzar dispositius per a la localització en entorns tancats, on aquesta no és possible amb un GPS perquè requereix visió directa amb el satèl·lit. Aquesta idea es pot aplicar en diversos àmbits, com el mèdic, amb l'objectiu

de minimitzar les hores perdudes en la cerca d'equipament en un hospital o d'altres actius en altres sectors.

En aquesta taula també s'ha inclòs el fet de connectar bucles d'activitat. Aquesta és una aproximació molt interessant on es proposa que un producte que està al final de la seva vida útil pugui servir de recurs d'entrada en una altra activitat completament diferent minimitzant de forma significativa el reciclatge d'aquell

producte. Per exemple, una peça de roba que ja s'ha fet malbé pot servir de recurs en una empresa de tapisseria. Alhora, els mobles que han arribat al final de la seva vida útil es poden fer servir com a fibres i compostos per produir materials aïllants en noves construccions. D'aquesta forma, es poden connectar bucles de diferents activitats que no necessàriament han d'estar relacionades i això dona peu a poder substituir el concepte residu per recurs.

		Capacitats dels actius intel·ligents		
Principis de l'Economia Circular		Localització	Condicions d'ús	Disponibilitat
	Allargar la vida útil	Servei de reemplaçament guiat. Optimització de les rutes logístiques per reduir desgast.	Manteniment predictiu. Canvis de patrons d'ús.	Dimensionament, subministrament i manteniment optimitzats en infraestructures energètiques.
	Incrementar l'ús	Localització ràpida d'actius compartits.	Minimització del temps d'inactivitat fins al manteniment preventiu. Ús precís dels factors d'entrada a l'agricultura.	Connexió automatitzada d'actius disponibles i compartits. Transparència dels espais disponibles.
	Concatenar bucles d'activitat	Logística inversa millorada.	Presa de decisions per a futurs bucles.	Recuperació d'actius en desús. Mercat digital per a materials secundaris.
	Regenerar el capital natural	Sistemes automatitzats de distribució de nutrients biològics.	Identificació de signes de degradació del sòl i avaluació automàtica del seu estat.	

Taula 1. Interacció entre les capacitats que ofereixen els actius intel·ligents i els principis de l'economia circular com a catalitzadors en la generació de noves oportunitats de negoci.

5. Eines de modelització per avançar cap a una economia circular

Com ja s'ha comentat anteriorment, els actius intel·ligents ofereixen noves oportunitats per contribuir al desenvolupament sostenible i a la reducció dels impactes ambientals de diverses

maneres. De fet, les eines de modelització esdevenen clau en el camp de la prevenció, ja que permeten preveure escenaris futurs en relació amb l'ús de recursos i els impactes ambientals.

Actualment trobem diversos exemples d'eines digitals que donen suport a estratègies en l'economia circular. En aquest apartat es presenten dues eines en desenvolupament en el marc de projectes europeus del programa H2020: l'eina digital ENBIOS i les bases de dades DoSE-L-CADB per poder avançar cap a una economia circular.

Modelització ambiental de sistemes energètics

La transició cap a un model energètic menys carbonitzat deixant enrere l'ús de combustibles fòssils exigeix l'assoliment de diferents objectius, com reduir les emissions, sobretot les de diòxid de carboni per part del sector del transport. Si s'analitzen les fonts dels impactes ambientals associats al cicle de vida d'un cotxe, es pot veure que l'etapa d'ús en genera la major part. Ara bé, en els darrers anys, en què s'ha anat assolint una visió més sistèmica del model socioeconòmic, s'està arribant a la conclusió que la transició cap a un model més electrificat no ens sortirà de franc. Hi ha una gran probabilitat que passem d'una dependència de combustibles fòssils limitats a una dependència de recursos materials també limitats que, tal com succeeix amb els combustibles fòssils, té unes

implicacions geopolítiques, ambientals i socials que s'han de tenir presents de forma global.

Actualment hi ha una línia de recerca molt activa centrada a preveure les implicacions de futurs escenaris energètics. Una de les febleses d'aquests models de simulació de sistemes energètics és la manca d'informació ambiental relativa, per exemple, als impactes ambientals associats, tal com s'ha il·lustrat a la figura 7. Al grup Sostenipra de l'ICTA-UAB s'està desenvolupant una eina per modelitzar els impactes ambientals en models de sistemes energètics dintre del marc del projecte europeu SENTINEL (sentinel.energy). L'eina digital ENBIOS (Madrid, Nebot, Martín i Talens, 2021) descrita a la figura 8, a banda d'aplicar una ACV per a l'anàlisi del sistema energètic, inclou un conjunt d'indicadors ambientals i bioeconòmics per avaluar els impactes associats a escenaris energètics futurs, com ara les emissions d'efecte hivernacle o l'ús de recursos materials i energètics. Aquests indicadors es poden utilitzar per avaluar la coherència entre els objectius de descarbonització energètica, com per exemple el pacte verd europeu o altres objectius polítics que tinguin un component biofísic. Poder modelitzar els possibles impactes ambientals resulta clau per donar suport a polítiques energètiques i identificar els escenaris més idonis per aconseguir els objectius de descarbonització.

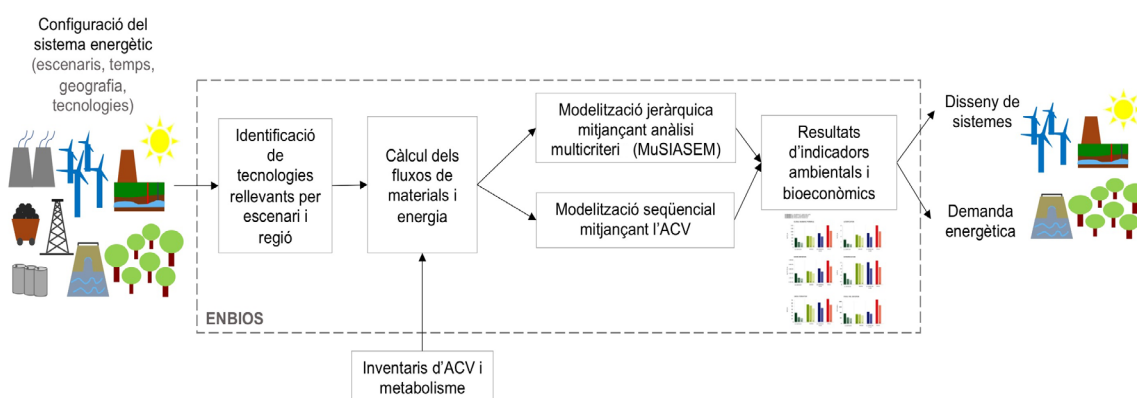


Figura 8. Descripció de l'eina digital ENBIOS desenvolupada en el marc del projecte H2020 SENTINEL.

— Modelització ambiental de les TIC

A l'ICTA-UAB s'ha desenvolupat el tàndem de base de dades DoSE-LCADB (Talens *et al.*, 2019), que representa una de les primeres eines digitals de gran abast i imprescindible per a la millora de l'avaluació ambiental dels actius intel·ligents. La DoSE, base de dades de semiconductors i altres components, conté dades sobre contingut de materials en semiconductors i altres components inclosos a les plaques de circuit imprès (Talens *et al.*, 2018). Les dades de components poden utilitzar-se de forma senzilla per modelitzar aquestes plaques, generar dades referents al contingut de materials (per exemple d'or, pal·ladi i d'altres) i generar inventaris en un format estandarditzat per poder avaluar-ne l'impacte ambiental. La DoSE també conté informació de dos aspectes addicionals dels actius intel·ligents: l'arquitectura interna i la vida útil. La informació sobre el disseny intern dels productes inclou imatges

per facilitar la ubicació i el muntatge de la placa de circuit imprès, informació sobre la seqüència de desmuntatge i els diagrames que il·lustren els passos per separar els components de la placa. La DoSE també permet incloure informació sobre la vida útil dels actius intel·ligents. Aquesta informació esdevé clau per desenvolupar anàlisis prospectives sobre el volum de dispositius futurs i el potencial de recuperació de materials. La LCADB és una base de dades d'inventaris d'activitats, inclosos alguns actius intel·ligents, necessàries per avaluar el potencial d'impacte ambiental del cicle de vida. Les dades generades per LCADB són exportables en format Ecospold, que és àmpliament utilitzat pel programari d'ACV comercial i no comercial. Les funcionalitats de la DoSE-LCADB actualment s'estan ampliant i provant per al cas de les bateries i l'electrònica de vehicles elèctrics com a part del projecte plataforma digital per a l'economia circular DigiPrime (<https://www.digiprime.eu/>).

6. Conclusions

El desenvolupament tecnològic dels actius intel·ligents en l'àmbit de l'internet de les coses ha catalitzat la creació de nous models de negoci basats en els principis de l'economia circular. Gràcies a la informació que s'obté dels actius intel·ligents (ubicació, estat i disponibilitat d'un actiu), es pot maximitzar l'etapa d'ús i reinserir un actiu en la cadena de valor promovent la reutilització, la reparació o la remanufactura, principis bàsics de l'economia circular. Però aquest desenvolupament tecnològic també té un impacte ambiental, no només des del punt de vista del maquinari, sinó també des del punt de vista del programari. Aquest és un aspecte que fins ara no s'ha considerat amb la intensitat que requereix i és clau, ja que sense un progra-

mari adient el maquinari no podrà desenvolupar la seva activitat, amb la qual cosa finalitzarà la seva vida útil.

En la transició cap a una economia circular, cal avançar més en les eines digitals que puguin recollir i gestionar dades que permetin prendre decisions sobre estratègies per garantir l'ús òptim de productes i materials, i millorar els processos de disseny que hauran de tenir en consideració l'impacte ambiental i les limitacions que s'han presentat al llarg d'aquest article. Amb aquest objectiu s'han presentat alguns exemples d'eines digitals desenvolupades a la UAB i dissenyades per donar suport al canvi cap a sistemes més sostenibles.

7. Referències

- 2018 Revision of World Urbanization Prospects. n.d.
- ARUSHANYAN, Y. 2016. *Environmental Impacts of ICT: Present and Future* (PhD diss.).
- ASHTON, K. 2009. *That "Internet of Things" thing*. RFID Journal. Vol. 22.
- BERNERS-LEE, M. 2011. *How bad are bananas? The carbon footprint of everything*. Vancouver: Greystone.
- BOTH, J. 2018. *Traceability in electronics manufacturing: no longer an option*. Cogiscan 2020.
- CEN/CENELEC. General methods for assessing the recyclability and recoverability of energy-related products (EN 45555). 2019.
- CEN/CENELEC. General method for assessing the proportion of recycled material content in energy-related products (EN 45557) 2020.
- CEN/CENELEC. General method to declare the use of critical raw materials in energy-related products (EN 45558) 2019.
- CEN/CENELEC. Methods for providing information relating to material efficiency aspects of energy-related products (EN 45559) 2019.
- CONTI, M.; DEGHANTANHA, A.; FRANKE, K.; WATSON, S. 2017. *Internet of Things security and forensics: Challenges and opportunities*. *Futur Gener Comput Syst* 2018; 78: 544–6. <https://doi.org/10.1016/j.future.2017.07.060>.
- EUROPEAN COMMISSION. Directive 2011/65/EC on the Restriction of the Use of Certain Hazardous Substances in Electrical and Electronic Equipment (Recast) 2011.
- Commission Regulation (EU) No 622/2012 of 11 July 2012 amending Regulation (EC) No 641/2009 with regard to ecodesign requirements for glandless standalone circulators and glandless circulators integrated in products, 2012: 4–8.
- The European Green Deal. *Eur Comm* 2019; 53: 24. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>.
- Closing the Loop – An EU Action Plan for the Circular Economy – COM (2015)614. Brussel·les: 2015.
- EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. General method for the assessment of the durability of energy-related products (EN 45552). Brussel·les: 2020.
- General method for the assessment of the ability to remanufacture energy-related products (EN 45553). Brussel·les: 2020.
- General method for the assessment of the ability to repair, reuse and upgrade energy-related products (EN 45554). Brussel·les: 2020.
- General method for assessing the proportion of reused components in energy-related products (EN 45556). Brussel·les: 2020.
- GABARRELL DURANY, X.; SANJUAN DELMÁS, D.; MARTÍNEZ GASOL, C.; FECED MATEU, M.; TALENS PEIRÓ, L.; RIERADEVALL PONS, J. 2017. *Implementation of the Ecodesign Directive via working plans, based on the analysis of the selected product groups*. European Implementation Assessment. Barcelona.
- ICTFOOTPRINT EU. ICT Carbon footprint 2021.
- MADRID LÓPEZ, C.; NEBOT, R.; MARTÍN, N.; TALENS PEIRÓ, L. ENBIOS 2021.
- SCHISCHKE, K.; CLEMM, C.; BERWALD, A. *et al.* 2021. *Ecodesign preparatory study on mobile phones, smartphones and tablets*. Final Report. Berlín: European Commission.
- TALENS PEIRÓ, L.; AYRES, R. U. 2012. *Resource use and efficiencies of major materials used in electrical and electronic equipment (EEE)*. A: IEEE. Electron. goes green.

- TALENS PEIRÓ, L.; POLVERINI, D.; ARDENTE, F.; MATHIEUX, F. 2019. *Advances towards circular economy policies in the EU: The new Ecodesign regulation of enterprise servers*. Resour Conserv Recycl 2020; 154. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.104426>.
- TALENS PEIRÓ, L.; GABARRELL I DURANY, X. 2019. DoSE database (i-depot:120009).
- 2018. *DoSE: a new database to map the use of raw materials in electronics*. Raw Mater. Week, Bruxelles.
- TALENS PEIRÓ, L.; GABARRELL I DURANY, X.; MARTÍNEZ GASOL, C.; RIERADEVALL PONS, J. 2019. LCADB database (i-depot 120008).
- VERDÚ, Jordi. 2018. *The new economy*. Sustainable Development Goals: Actors and Implementation. Global University Network for Innovation.
- WILLIAMS, E.D.; AYRES, R.U.; HELLER, M. 2002. *The 1.7 Kilogram Microchip: Energy and Material Use in the Production of Semiconductor Devices*. 36:5504–10. Environmental Science Technology.