

Revista de

2025 número 13

TECNOLOGIA



COBERTA: Dron sobrevolant la ciutat al capvespre.
FONT: Imatge generada per intel·ligència artificial amb el model Flux1 dev Q8.gguf.

MEMBRES DE LA JUNTA DE LA SOCIETAT CATALANA DE TECNOLOGIA

President: Jordi Regalés

Vicepresidenta: Núria Salán

Tresorer: Jaume Riera

Secretària: Marta Pàmies

Publicacions: Antoni Hernández-Fernández, Aina Barceló, Antoni Olivé (delegat IEC)

Vocals: Eugeni Vilalta, Aina Barceló, David Adrover, Ricard Bosch Tous, Núria Castell Ariño, Joaquim Corominas, Carolina Crespo, Xevi Cufí, Jordi El Mariachet Carreño, Albert Garcia-Benadí, Antoni Hernández-Fernández, Puri Martínez Martínez, Anna Mates, Judith Tello, Sílvia Zurita i Món, Àngel Gallart, Cristina Simarro, Miquel Aguirre, Xavier Flotats, Sergi Valenzuela, Javier Badia

Delegat de l'IEC: Antoni Olivé

Revista de TECNOLOGIA
número 13
2025

Editors

Aina Barceló

Beatriz López

Antoni Olivé, editor en cap

Daniel Trias

Equip editorial

Oriol Boix Aragonès

Ramon Bragós Bardia

Alicia Casals Gelpí

Antoni Hernández-Fernández

Sergi Herraiz Jaramillo

Núria Salán Ballesteros

© dels autors

Editat per la Societat Catalana de Tecnologia,
filial de l'Institut d'Estudis Catalans
Carrer del Carne, 47. 08001 Barcelona

Text revisat lingüísticament
per la Unitat d'Edició
del Servei Editorial de l'IEC
Compost per fotocomposició gama, s. l.

ISSN 2013-9861



Els continguts de la REVISTA DE TECNOLOGIA estan subjectes —llevat que s'indiqui el contrari en el text o en el material gràfic— a una llicència Reconeixement - No comercial - Sense obres derivades 3.0 Espanya (by-nc-nd) de Creative Commons, el text complet de la qual es pot consultar a <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/es/deed.ca>. Així doncs, s'autoritza el públic en general a reproduir, distribuir i comunicar l'obra sempre que se'n reconegui l'autoria i l'entitat que la publica i no se'n faci un ús comercial ni cap obra derivada.

Publicació

La REVISTA DE TECNOLOGIA passa a presentar-se en format digital a partir del número 7. Pretén amb això ser més àgil i estar oberta a tothom a partir de la data de la seva publicació a l'hemeroteca de l'Institut.

Articles i anuncis d'activitats

L'equip editorial està obert a rebre contribucions per a la revista, que han de respectar l'estructura actual de la publicació, que es divideix en dues seccions: la que fa referència a temes tècnics i la relacionada amb aspectes o activitats sobre l'educació tecnològica. Així mateix, encoratja els lectors a donar a conèixer, a través de la revista, i considerant-ne la periodicitat, activitats relacionades amb la tecnologia: conferències, congressos, jornades, seminaris, convocatòries de premis, anuncis de publicacions, etc. Les contribucions es poden fer enviant, per correu electrònic, l'article o la informació en format Word a l'adreça revista.sct@correu.iec.cat.

EDITORIAL

Us presentem un nou número de la **REVISTA DE TECNOLOGIA**, amb una selecció d'articles i altres textos que esperem que siguin del vostre interès.

Els articles els presentem agrupats en tres blocs. Els del primer bloc tracten de diversos aspectes tecnològics; els del segon tracten sobre educació tecnologia, i el darrer bloc consta d'un sol article, que anomenem *article mirall*, que explicarem més avall.

En el primer article del primer bloc Sergio Colado García explica què són els *hipertrucatges*, les tècniques utilitzades per crear-los i quins mètodes hi ha per detectar-los. En el segon, Pere Brunet Crosa presenta els sistemes i tècniques militars principals que estan sent utilitzats a les anomenades *ciber guerres*. En el tercer, Elisabet Llopart Saumell, Joan Rebagliato Nadal i Anna Llobet Solé descriuen els criteris aplicats pel TERMCAT per fixar les propostes denominatives per a un conjunt de termes relacionats amb el sistema de producció de Toyota i pertanyents a l'àrea de cadena de subministrament. En el quart, Maite Pueyo Vigatà revisa el concepte d'*exactitud* d'un equip de mesura i presenta exemples sobre la millor manera d'expressar-lo. En el cinquè, Daniel Trias, Jordi Torrent, Miquel Teixidor i Jaume-Albert Cruset descriuen la importància, en les festes de primavera de Girona, d'un ninot articulad anomenat Tarlà, que es remunta a inicis del segle XIX, i de l'esforç que calgué fer per mantenir-lo i actualitzar-lo en el context actual. En el darrer article del bloc, Antoni Olivé descriu el funcionament de la publicitat personalitzada en el món digital i el seu impacte en la privacitat.

En el primer article del bloc sobre educació en tecnologia, Antoni Hernández-Fernández exposa el concepte de *tecnoètica* i la necessitat de tenir-lo en compte en l'educació, especialment mitjançant un codi deontològic docent, com l'elaborat pel Col·legi Oficial de Doctors i Llicenciats en Filosofia i Lletres i en Ciències de Catalunya. En el darrer article, Sílvia Zurita i Món analitza les dificultats i els reptes de la tecnologia en l'educació obligatòria, presenta una comparativa amb altres països i argumenta la necessitat d'enfortir-ne l'ensenyament en la societat actual.

El darrer bloc consta només d'un article que té un caire molt diferent dels usuals en la nostra revista i que requereix

una explicació addicional per als nostres lectors. L'origen de l'article parteix de l'adhesió de l'Institut d'Estudis Catalans (IEC) al Pla d'Enfortiment de la Llengua Catalana en el Sistema Universitari i de Recerca de Catalunya, endegat pel Departament de Recerca i Universitats de la Generalitat de Catalunya. En el marc d'aquest pla, l'IEC va fer la proposta següent: «La recerca d'alt nivell, publicada en revistes internacionals majoritàriament en anglès, podria reforçar-se amb una versió quasi simultània en llengua catalana en revistes del mateix IEC que asseguressin que la innovació del coneixement es donés a conèixer en català gairebé en el mateix moment que es publicués en una llengua internacional. Aquest procés es podria materialitzar en una proposta que anomenem *revistes mirall*, que l'IEC podria posar a disposició dels investigadors catalans». La nostra revista va ser convidada a adherir-se a aquesta proposta i vam acceptar de participar-hi. En el número de l'any passat vam publicar el primer article mirall. En aquest número publiquem el segon. Es tracta del que Franco Coltraro, Josep Fontana, Jaume Amorós, Maria Alberich-Carrià, Júlia Borràs i Carme Torras van publicar a *Applied Mathematics and Computation* el novembre del 2023 amb el títol «A representation of cloth states based on a derivative of the Gauss linking integral». Esperem que la traducció d'aquest article, que publiquem en aquest número, sigui una contribució efectiva als objectius de la proposta de l'IEC.

A continuació, publiquem el treball de Fabio Mora Melero que va guanyar el premi a la fira de recerca internacional Exporecerca Jove XXV.

Segueix una entrevista a Francesc Arbós, feta per Daniel Trias.

En l'apartat de ressenyes s'inclouen les de cinc llibres que aborden la tecnologia des de diferents punts de vista. Són els de títol: *Petar-ho a les xarxes, en català; Dones de ciència, tecnologia i pensament; Artificialitis. Què els passa pel cap als malalts de la intel·ligència artificial; Música política, i Digitalització democràtica. Sobirania digital per a les persones*.

El número acaba amb un obituari de Marc Boada Ferrer, escrit per Antoni Hernández-Fernández. En el seu honor, reproduïm el treball *Identificar i classificar materials*, que Boada Ferrer va publicar l'any 2007.

Esperem que gaudiu de la lectura.

SUMARI



3 Editorial

Articles

- 6 **Caçadors d'hipertrucatges. Reptes i solucions tecnològiques per a la detecció i autenticació**
Sergio Colado García

- 13 **Els sistemes tecnològics a les guerres i als conflictes actuals**
Pere Brunet Crosa

- 25 **Del Kaizen a la millora contínua: sobre l'adopció de termes de la indústria japonesa de l'automoció i la fixació de propostes denominatives en català**
Elisabet Llopart Saumell, Joan Rebagliato Nadal i Anna Llobet Solé

- 32 **L'exactitud dels equips de mesura**
Maite Pueyo Vigatà

- 38 **Tradició i tecnologia: el cas del Tarlà de l'Argenteria**
Daniel Trias, Jordi Torrent, Miquel Teixidor i Jaume-Albert Cruset

- 47 **Publicitat personalitzada i privacitat**
Antoni Olivé

- 56 **Tecnologia, tecnoètica i codi deontològic docent**
Antoni Hernández-Fernández

- 60 **La tecnologia a l'educació obligatòria**
Sílvia Zurita i Món
-

Projecte Articles Mirall

- 68 **Representació dels estats d'una tela basada en la derivada de la integral d'enllaç de Gauss**
Franco Coltraro, Josep Fontana, Jaume Amorós, Maria Alberich-Carramiñana, Júlia Borràs i Carme Torras
-

Premi Exporecerca Jove XXV

- 81 **Elaboració d'un dron: de fabricació pròpia i amb un pressupost limitat**
Fabio Mora Melero
-

Entrevistes

- 85 **Entrevista a Francesc Arbós**
Daniel Trias

Ressenyes

- 91 *Petar-ho a les xarxes, en català*, de Carla Clavera
Antoni Hernández-Fernández
- 92 *Dones de ciència, tecnologia i pensament*, de Marta Aymerich i Àngels Fitó (ed.)
Antoni Hernández-Fernández
- 92 *Artificialitis: Què els passa pel cap als malalts de la intel·ligència artificial*, de Josep Lluís Micó
Antoni Hernández-Fernández
- 93 *Música politècnica*, de Carme Fenoll i Antoni Hernández-Fernández (ed.)
Àlex Barceló
- 94 *Digitalització democràtica: Sobirania digital per a les persones*, de Simona Levi
Antoni Olivé

Obituari

- 95 **Marc Boada Ferrer, in memoriam**
Antoni Hernández-Fernández
- 97 **Identificar i classificar materials**
Marc Boada Ferrer

Recursos

- 102 **Publicacions**



CAÇADORS D'HIPERTRUCATGES. REPTES I SOLUCIONS TECNOLÒGIQUES PER A LA DETECCIÓ I AUTENTICACIÓ*

Sergio Colado García

Professor de la Universitat Internacional de La Rioja (UNIR) i director del Nechi Group (Barcelona). www.sergiocolado.com. scolado@nechigroup.com

Resum: En una societat cada vegada més digitalitzada, els hipertrucatges, tecnologies basades en intel·ligència artificial, representen un repte creixent. Aquests continguts multimèdia falsos poden imitar imatges, vídeos i àudios amb gran realisme, i generar preocupacions sobre la seva utilització per a la manipulació i la desinformació. Aquest article explora què són els *hipertrucatges*, les tècniques utilitzades per crear-los i els mètodes avançats de detecció, com les xarxes neuronals convolucionals (en anglès, *convolutional neural networks*, CNN) i la reconfiguració de xarxes generatives adversàries (en anglès, *generative adversarial network*, GAN). També s'aborda la importància de l'autenticació del contingut digital mitjançant tècniques com les signatures digitals i la cadena de custòdia. L'article conclou amb una reflexió sobre la necessitat d'una resposta coordinada, tant tecnològica com legal, per mitigar els riscos associats als hipertrucatges.

Paraules clau: hipertrucatges, intel·ligència artificial, detecció de manipulació, autenticació digital, xarxes neuronals.

DEEPPFAKE HUNTERS. CHALLENGES AND TECHNOLOGICAL SOLUTIONS FOR DETECTION AND AUTHENTICATION

Abstract: In an increasingly digitalized society, deepfakes, which are AI-based technologies, represent a growing challenge. These false multimedia contents can realistically mimic images, videos, and audio, raising concerns about their potential use for manipulation and disinformation. This article explores what deepfakes are, the techniques used to create them, and advanced detection methods, such as convolutional neural networks (CNNs) and generative adversarial network (GAN) reconfiguration. It also addresses the importance of digital content authentication through techniques like digital signatures and chain of custody. The article concludes with a reflection on the need for a coordinated response, both technological and legal, to mitigate the risks associated with deepfakes.

Keywords: deepfakes, artificial intelligence, manipulation detection, digital authentication, neural networks.

Introducció

En una societat cada vegada més digitalitzada, distingir entre el que és real i el que és fals esdevé un desafiament. Els avenços en intel·ligència artificial han donat lloc als hipertrucatges (*deepfakes*), tecnologies capaces de generar imatges, vídeos i àudios que són gairebé indistingibles dels autèntics. Aquests continguts, que combinen l'aprenentatge profund (*deep learning*) amb informació falsa (*fakes*), poden tenir usos creatius i lú-

dics, però també poden ser eines poderoses per crear desinformació i manipulació massiva.

Els hipertrucatges representen un desafiament tecnològic i social profund en una societat altament digitalitzada, com s'ha explorat en treballs previs sobre tecnologia digital (Colado, 2021), ja que poden afectar la política, l'economia i la vida personal. Amb aquesta amenaça en augment, les eines d'intel·ligència artificial (IA) no només es veuen com una part del problema, sinó també com una solució clau per detectar-los i controlar-los.

Què és un hipertrucatge?

Segons el TERMCAT (2024), el terme correcte per a *deepfakes* en català és *hipertrucatge*. Un hipertrucatge és un contingut multimèdia fals creat mitjançant tècniques d'aprenentatge automàtic i xarxes neuronals profundes. S'utilitzen dues tècniques principals per generar-los: les

* Aquest article s'ha elaborat a partir de la revisió, ampliació i actualització d'un treball anterior publicat per l'autor sota el títol «Deepfake Hunters. Caçadors de mentides» al lloc web personal sergiocolado.com el 26 de juny de 2024. Tot i que el text original plantejava una introducció al fenomen dels hipertrucatges, aquesta versió ha estat reestructurada per aprofundir en els aspectes tècnics, ètics i socials, i integra exemples nous, desenvolupaments tecnològics recents i suggeriments pràctics per a la detecció i autenticació de continguts digitals. A més, s'ha adaptat per incloure la terminologia catalana normalitzada pel TERMCAT.

xarxes generatives adversàries (en anglès, *generative adversarial network*, GAN) i els autoencoders.

Les GAN consisteixen en un model de dues xarxes neuronals que treballen de manera competitiva. Per una banda, un generador crea continguts falsos, com ara imatges o vídeos. Per l'altra, un discriminador intenta distingir entre el contingut fals i el real per aprendre'l. Aquesta competició fa que el generador millori constantment fins a crear continguts gairebé indistingibles dels originals.

Els autoencoders són models entrenats per reconstruir dades d'entrada (com una cara o una veu) i després modificar-les. Es poden utilitzar per transferir l'expressió facial d'una persona a una altra, generant imatges o vídeos en què sembla que el subjecte fa moviments o diu paraules inexistents. Els vídeos en què una persona famosa sembla dir o fer coses que mai no ha fet en són un exemple.

La creació d'un hipertrucatge implica l'ús de grans quantitats de dades de vídeos o imatges del subjecte que s'ha de falsificar, un procés de preentrenament d'un model basat en IA i l'ús de tècniques com la superresolució per millorar-ne el realisme. Una vegada entrenat, el model pot produir vídeos, àudios o imatges que simulen fidelment el subjecte real. Aquesta semblança amb la realitat accentua el risc del seu ús malintencionat.



FIGURA 1. Exemple d'hipertrucatge. Superposició de cares.
FONT: Elaboració pròpia.

Hi ha diversos usos dels hipertrucatges a la indústria. Per exemple, en cinema i entreteniment es poden recrear personatges històrics o millorar efectes especials. En educació i formació, es poden simular escenaris realistes o crear assistents virtuals. I en medicina permet estudiar comportaments humans o millorar simulacions quirúrgiques.

Però també hi ha usos molt negatius, com ara la creació de vídeos falsos de líders polítics dient o fent coses comprometedores, l'elaboració de contingut fals que danya la reputació de les persones o la simulació de la veu d'un directiu per autoritzar transferències il·legítimes, entre d'altres.

El potencial d'aquesta tecnologia de confondre entre allò real i fals planteja reptes importants que cal analitzar amb profunditat. Amb l'evolució dels hipertrucatges, el desenvolupament d'eines per a la seva detecció i autenticació és essencial per minimitzar-ne els riscos i garantir un ús ètic d'aquesta tecnologia.

A la caça dels hipertrucatges

Amb l'evolució dels hipertrucatges, detectar continguts manipulats s'ha convertit en un desafiament que exigeix l'ús combinat de diverses eines tecnològiques. La millora contínua dels algorismes d'intel·ligència artificial, juntament amb les eines d'anàlisi forense digital, ha fet possible identificar anomalies que són imperceptibles a simple vista.

Els primers hipertrucatges presentaven errors fàcilment detectables, com la desincronització labial o anomalies en les textures facials. No obstant això, amb l'avenç tecnològic, aquests errors s'han anat minimitzant, i avui en dia els hipertrucatges més sofisticats poden imitar amb gran precisió expressions facials, moviments corporals i patrons vocals, cosa que fa molt més difícil detectar-los a simple vista.



FIGURA 2. Recreació d'un caçador d'hipertrucatges.
FONT: Elaboració pròpia amb IA.

Per combatre aquesta amenaça en evolució constant, s'han desenvolupat eines tecnològiques avançades, especialment basades en intel·ligència artificial. A continuació es detallen els principals mètodes utilitzats:

1. Anàlisi de consistència visual

Els hipertrucatges poden contenir anomalies subtils que, tot i no ser evidents a primera vista, es poden detectar amb tècniques automatitzades:

- Textura de la pell: sovint presenten incoherències en la textura de la pell, que pot semblar artificial o uniforme en algunes zones.

- Il·luminació i ombres: els vídeos generats poden presentar discrepàncies en la il·luminació o en la posició de les ombres, que no són coherents amb les fonts de llum del vídeo original.

- Geometria facial: l'anàlisi de les proporcions facials i la seva coherència al llarg de diferents fotogrames permet detectar alteracions subtils que afecten la morfologia del rostre.

2. Anàlisi de freqüència

L'anàlisi de freqüències també ha demostrat ser una eina clau per detectar artefactes generats durant el procés de

manipulació, mitjançant tècniques com la transformada de Fourier (Gong, Li i Wang, 2020). Aquesta tècnica consisteix a descompondre les imatges o els vídeos en els seus components de freqüència, la qual cosa permet identificar artefactes generats durant el procés de creació de l'hipertrucatge:

- Transformada de Fourier: permet analitzar la freqüència de les imatges per detectar-hi patrons irregulars o artefactes ocults.

- Espectres de freqüència: els hipertrucatges poden deixar empremtes específiques en certes bandes de freqüència que revelen la manipulació.

3. Detecció d'artefactes digitals

Els hipertrucatges solen generar petits artefactes que poden ser detectats amb tècniques forenses:

- Comprensió d'imatges i vídeos: les imatges i els vídeos falsificats poden presentar patrons de comprensió diferents dels originals, la qual cosa crea artefactes visibles en les zones manipulades.

- Errors en la codificació de píxels: les inconsistències en la disposició dels píxels o en la representació del color poden ser indicadors de manipulació digital.

4. Anàlisi biomètrica i microexpressions

La detecció de petites anomalies en els moviments facials i corporals pot ser una manera efectiva de descobrir hipertrucatges:

- Moviments facials: les microexpressions, que són moviments ràpids i involuntaris del rostre, són difícils de replicar de manera precisa. L'anàlisi d'aquests petits gestos pot revelar inconsistències en el vídeo.

- Sincronització labial: la desincronització entre el moviment dels llavis i l'àudio, especialment en vídeos amb diàlegs, és un senyal comú de manipulació.

5. Anàlisi d'àudio i veu

A més del contingut visual, l'àudio també pot oferir pistes importants sobre la falsificació:

- Freqüència i timbre de la veu: els hipertrucatges poden generar distorsions subtils en la veu, especialment en la freqüència i el timbre, que poden ser identificades amb anàlisi acústica.

- Inconsistències lingüístiques: l'estil de parla, l'entonació o l'ús de determinades paraules poden no coincidir amb el patró habitual de la persona, la qual cosa en revela una falsificació.

6. Mètodes basats en xarxes neuronals

Les tècniques d'aprenentatge automàtic també s'utilitzen per detectar contingut manipulat:

- Xarxes neuronals convolucionals (CNN): aquestes xarxes estan entrenades per detectar petites anomalies en les imatges, com errors en la textura o en la geometria facial (Shad, López i Kumar, 2021).

- Xarxes neuronals recurrents (RNN): aquestes xarxes analitzen seqüències de vídeo per detectar incoherències temporals en el moviment dels personatges, identificant errors subtils en la fluïdesa dels gestos i expressions.

cies temporals en el moviment dels personatges, identificant errors subtils en la fluïdesa dels gestos i expressions.

- GAN reconfigurades: tot i que les xarxes generatives adversàries (GAN) s'utilitzen per crear hipertrucatges, també es poden reconfigurar per detectar anomalies generades per altres GAN (Gong, Li i Wang, 2020).

7. Anàlisi de metadades i estructura del fitxer

Els hipertrucatges no només alteren el contingut visual, sinó que també poden introduir incoherències en la informació associada al fitxer:

- Metadades alterades: l'anàlisi de les metadades pot revelar discrepàncies en les dates de creació o en la informació del dispositiu de gravació, cosa que n'indica una possible manipulació.

- Anomalies en l'estructura del fitxer: canvis inesperats en la codificació o en la comprensió del fitxer poden ser signes d'alteració.

Aquest conjunt de mètodes de detecció representa una eina poderosa per identificar hipertrucatges, i la seva efectivitat depèn de la seva aplicació conjunta i de l'evolució constant de les tècniques utilitzades per crear i detectar aquests continguts falsificats (Shad, López i Kumar, 2021).

L'ús de tots aquests mètodes, combinat amb el desenvolupament continu de noves eines tecnològiques, permet avançar en la detecció proactiva d'hipertrucatges. La lluita contra aquesta tecnologia evolutiva exigeix una millora constant de les eines forenses i l'ús de tècniques d'intel·ligència artificial capaces de seguir el ritme de les innovacions en la creació de continguts falsificats. Només mitjançant una estratègia multidisciplinària i tecnològicament avançada es pot garantir una detecció efectiva d'aquests continguts.

Autenticació del contingut digital

L'autenticació del contingut digital, especialment en l'era dels hipertrucatges, és un procés essencial per garantir la integritat i autenticitat de vídeos, imatges i àudios, sobretot quan es presenten com a proves en tribunals o en investigacions periodístiques. A mesura que les tècniques de manipulació digital esdevenen més sofisticades, és imprescindible utilitzar tècniques avançades que permetin determinar si un fitxer digital ha estat alterat.

El procés d'autenticació comença amb la cadena de custòdia, que és un element fonamental per mantenir la credibilitat de qualsevol prova digital. Aquesta cadena requereix un registre detallat i ininterromput del contingut des del moment en què es crea o es recull fins que es presenta. Això implica assegurar que el contingut ha estat emmagatzemat i gestionat adequadament, sense cap accés no autoritzat ni manipulació, la qual cosa en garanteix la integritat. Als tribunals, sovint es rebutgen proves digitals si no es pot demostrar una cadena de custòdia clara.

Les metadades són una altra eina clau per a l'autenticació. Inclouen informació associada a un fitxer digital, com ara la data de creació, el tipus de dispositiu utilitzat, la ubicació geogràfica (si s'ha activat el GPS) i els canvis o modificacions anteriors. Les metadades aporten informació essencial sobre l'origen i la història del contingut. L'anàlisi forense de les metadades pot revelar anomalies, com ara dates incoherents o localitzacions inexactes, que podrien indicar que el fitxer ha estat manipulat.

A més de les metadades, s'utilitzen tècniques de marcatge o marques d'aigua digitals, que consisteixen a incrustar informació oculta o visible en imatges o vídeos. Aquestes marques poden incloure detalls sobre l'autor o el propietari, o bé servir com a prova d'autenticitat. Les marques d'aigua són especialment útils perquè poden ser invisibles a l'usuari, però detectables a través de programari especialitzat, i serveixen com a defensa davant possibles manipulacions. Aquest mètode s'utilitza sovint en arxius multimèdia d'alta importància o amb informació confidencial, que cal garantir que no hagin estat alterats.

Un altre mecanisme important és l'ús de signatures digitals. A través de tècniques criptogràfiques, una signatura digital s'associa a un fitxer per garantir-ne la integritat i confirmar-ne l'autenticitat. Aquest procés implica la creació d'una empremta electrònica única del fitxer en el moment de la creació o verificació inicial, que actua com una «empremta digital» del contingut. Si el contingut és alterat, aquesta empremta electrònica canvia, la qual cosa deixa clar que el fitxer ha estat modificat, i això en posa en dubte l'autenticitat.

Les tècniques forenses digitals també són fonamentals per a l'autenticació del contingut digital. Els experts utilitzen eines d'anàlisi d'imatges i vídeos per identificar artefactes o patrons visuals que no coincideixen amb el contingut original. Això pot incloure la detecció d'errors de compressió, anomalies en la il·luminació o les ombres, inconsistències en la resolució o en la qualitat de la imatge o problemes amb la sincronització del so i el moviment dels llavis en vídeos. Aquestes tècniques requereixen coneixements avançats i sovint s'utilitzen en casos en què l'evidència digital és clau, com en investigacions judicials o en la cobertura de notícies.

Un altre aspecte innovador és l'ús de cadena de blocs (*blockchain*) per a l'autenticació i la protecció del contingut digital. La tecnologia de cadena de blocs crea un registre distribuït i immutable que documenta, de manera transparent, qualsevol modificació d'un fitxer. Cada vegada que el contingut es modifica, s'actualitza el registre a la cadena de blocs, la qual cosa permet rastrejar-ne tots els canvis. Aquesta tecnologia és especialment útil en entorns en què la integritat de la informació és crucial, com la gestió de drets d'autor, la informació periodística o en processos legals.

Les tècniques com la cadena de blocs permeten rastrejar els canvis en el contingut digital i protegir-lo davant possibles manipulacions (Westerlund, 2019). La cadena de blocs no només garanteix l'autenticitat, sinó que també

actua com un sistema de protecció dels drets d'autor i les llicències digitals. Mitjançant contractes intel·ligents, es poden gestionar els drets d'ús i la distribució d'imatges o vídeos, cosa que ofereix un sistema de gestió transparent per als creadors i titulars dels drets.

Un enfocament prometedori per combatre els hipertrucatges és la combinació de diverses tècniques de detecció i autenticació, que aprofita els punts forts de cadascuna per crear sistemes més robustos i efectius. Aquesta tendència integra mètodes com el marcatge digital (marques d'aigua), l'anàlisi forense i els algorismes basats en aprenentatge automàtic (Megías *et al.*, 2022). La combinació d'aquestes tècniques pot millorar significativament la precisió i la fiabilitat dels sistemes de detecció.

Quan la tecnologia no és suficient per verificar l'autenticitat del contingut, es poden considerar testimonis i experts en peritatge digital. Aquests professionals poden presentar anàlisis tècniques en tribunals per verificar la integritat d'un fitxer digital. Els testimonis poden corroborar la procedència del contingut, la qual cosa, tot i no ser tan sòlida com una prova tècnica, pot ajudar a establir-ne l'autenticitat en un context legal.

En resum, la combinació de tècniques com la verificació de les metadades, les marques d'aigua, les signatures digitals, la cadena de blocs i les eines forenses digitals ofereixen una solució sòlida per autenticar continguts digitals i garantir que els vídeos o les imatges no hagin estat manipulats. En un món cada vegada més vulnerable a la desinformació i la manipulació digital, aquestes eines són essencials per mantenir la confiança en els continguts multimèdia que consumim diàriament.

Reptes tecnològics

El sorgiment de la tecnologia d'hipertrucatge ha estat objecte d'una anàlisi crítica, i se n'ha destacat el potencial disruptiu en sectors com els mitjans de comunicació i la política (Westerlund, 2019). Però els hipertrucatges plantegen una sèrie de reptes tecnològics i socials significatius que requereixen solucions sofisticades i multidisciplinàries.

A mesura que la tecnologia evoluciona, també ho fan els mètodes utilitzats per generar aquests continguts falsos, cosa que en complica la detecció i prevenció. Un dels principals reptes és la millora contínua del realisme. Els hipertrucatges s'han tornat extremament realistes gràcies a avenços en tècniques com les GAN i els autoencoders.

Les anomalies evidents en les primeres generacions d'hipertrucatges (desincronització labial, moviments corporals incoherents o errors en la textura de la pell) s'han reduït dràsticament. A més, les aplicacions modernes poden generar vídeos falsos en temps real, cosa que en fa gairebé impossible la verificació immediata.

Entre els desafiaments principals de les tècniques de detecció trobem, en primer lloc, el risc de falsos positius, en què contingut legítim es classifica incorrectament com a fals. Els falsos positius poden minar la credibilitat dels

mitjans digitals, i alimentar la desinformació i la desconfiança. A més, pot provocar que alguns continguts genuïns siguin eliminats o bloquejats de plataformes digitals.

En segon lloc, les eines de detecció d'hipertrucatges estan sovint orientades a experts o grans organitzacions. Això deixa els usuaris finals amb poques opcions per verificar contingut. De fet, moltes d'aquestes eines són complexes i poc accessibles per a la població general. Lligat amb aquest problema es dona el fet que quan els usuaris no entenen com funcionen les eines de detecció poden arribar a desconfiar dels resultats.

Finalment, la desconfiança generalitzada en el contingut digital pot tenir un impacte devastador en sectors com els mitjans de comunicació o la justícia, en què la credibilitat de les proves digitals és essencial (Colado, 2021).

Interacció dels usuaris amb les eines de detecció

Una dimensió essencial de l'èxit de les eines de detecció i autenticació d'hipertrucatges és la manera com els usuaris interactuen amb aquestes tecnologies. La confiança i la usabilitat són factors clau que determinen si aquestes eines s'adoptaran àmpliament i si tindran l'impacte desitjat en la lluita contra la desinformació i la manipulació digital. Malgrat els avenços tecnològics, moltes eines disponibles actualment són complexes i no sempre intuïtives per a l'usuari final, la qual cosa pot limitar-ne l'ús efectiu fora d'entorns altament especialitzats. Un dels principals reptes és com fer que aquestes eines siguin accessibles i comprensibles per a un públic ampli, des de professionals dels mitjans de comunicació fins a ciutadans preocupats per la integritat dels continguts digitals.

Segons Rosales *et al.* (2024), un sistema no només ha de ser precís, sinó també transparent i explicable. Això implica que els resultats oferts per les eines de detecció han de ser fàcilment comprensibles, amb informació clara sobre com s'ha arribat a una conclusió determinada, ja sigui per detectar un contingut manipulat o per validar-ne l'autenticitat. Aquesta explicabilitat fomenta la confiança en els sistemes i ajuda a evitar que es considerin «caixes negres» opaques.

A més, cal que els sistemes estiguin dissenyats amb un enfocament en la usabilitat. Això inclou interfícies intuïtives, temps de resposta ràpids i integracions amb plataformes populars, com les xarxes socials o els sistemes de gestió de contingut. Un exemple en podria ser la implementació d'extensions de navegador o aplicacions mòbils que analitzin contingut en temps real i informin l'usuari de manera immediata i clara si un vídeo, àudio o imatge pot ser un hipertrucatge. També és important que aquestes eines ofereixin diferents nivells de profunditat en els seus informes, des d'indicadors senzills per a usuaris no experts fins a detalls tècnics més avançats per a investigadors o professionals.

Un altre aspecte crucial és la confiança en els sistemes. La confiança en aquests sistemes es pot consolidar mitjançant

jaçant auditories independents que validin la precisió i l'eficàcia de les eines, així com mitjançant l'ús de conjunts de dades obertes que permetin a la comunitat científica i tècnica replicar els resultats i verificar la robustesa dels sistemes. A més, la integració d'elements de seguretat, com la privadesa dels usuaris i la protecció de dades personals, també és fonamental per garantir que aquestes tecnologies es percebin com a segures i responsables.

En resum, perquè les eines de detecció d'hipertrucatges siguin efectives i àmpliament utilitzades, han de ser no només tecnològicament avançades, sinó també dissenyades amb un enfocament centrat en l'usuari. La combinació de transparència, explicabilitat i usabilitat pot augmentar la confiança en aquestes tecnologies i promoure una adopció més àmplia, i ampliar-ne l'impacte positiu en la societat.

Recomanacions pràctiques per als lectors

Davant els riscos associats als hipertrucatges, és essencial dotar els lectors d'eines i estratègies pràctiques per identificar, gestionar i minimitzar l'impacte d'aquesta tecnologia en el seu dia a dia. A continuació, es detallen algunes recomanacions per protegir-se dels continguts manipulats i fomentar un consum responsable de la informació digital.

1. Verificació del contingut digital

Cal verificar l'autenticitat del contingut abans de compartir-lo o donar-lo per fiable. Per fer-ho:

- Assegureu-vos que el contingut prové d'una font fiable. Desconfieu de continguts virals sense una procedència clara.
- Corroboreu la informació amb altres mitjans o plataformes reconegudes.
- Utilitzeu eines de verificació com ara InVID, Forensically o FakeCatcher, que permeten analitzar vídeos i imatges per detectar manipulacions.

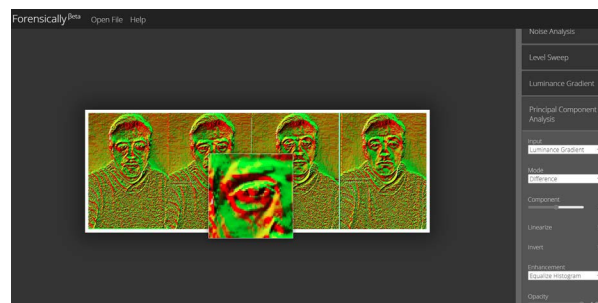


FIGURA 3. Anàlisi d'un hipertrucatge mitjançant l'aplicació Forensically. FONT: Elaboració pròpia.

Algunes xarxes socials i cercadors ofereixen funcionalitats per verificar la veracitat de continguts virals.

2. Identificació de signes de manipulació

Tot i que els hipertrucatges són cada vegada més sofisticats, hi ha indicadors que poden revelar possibles manipu-

lacions. Per exemple, es poden observar anomalies en la il·luminació o ombres que no concorden amb l'entorn. També és habitual que hi hagi errors subtils en les expressions facials o els moviments dels ulls.

Un altre aspecte complex a l'hora de fer un hipertrucatge són les textures facials, que acaben resultant molt artificials o excessivament uniformes.

Quant a l'àudio, es pot observar una petita desincronització entre el moviment dels llavis i el so i veus amb talls, distorsions o un to inusualment mecànic.

A més, tot i que no és sempre tan fàcilment observable, cal posar en dubte aquell contingut que genera reaccions emocionals extremes o apel·la a polèmiques sense proves sòlides.

3. Utilització d'eines tecnològiques

Els avenços en tecnologia també ofereixen eines per combatre els riscos dels hipertrucatges.

Per una banda, trobem programes que detecten anomalies en vídeos, com compressió irregular, patrons de píxels o inconsistències en la freqüència.

Com hem comentat, la tecnologia basada en cadena de blocs permet verificar l'autenticitat de continguts comparats en línia mitjançant registres immutables.

Per una altra banda, hi ha algunes extensions per als navegadors que permeten alertar sobre continguts sospitosos a les xarxes socials o a les plataformes de vídeo.

4. Educació digital i alfabetització mediàtica

Sens dubte, la millor manera de lluitar contra la falsedat és el coneixement. Una ciutadania formada és menys vulnerable a la desinformació i la manipulació. És altament recomanable:

- Participar en tallers, cursos o seminaris web sobre seguretat digital i detectar contingut fals.
- No creure's tot el que es veu en línia i qüestionar-se continguts sorprenents o polèmics.
- Que les escoles disposin d'eines i recursos per educar els estudiants sobre els riscos dels hipertrucatges i com identificar-los.

5. Contribucions a la lluita contra l'hipertrucatge

També podem contribuir a una regulació més robusta de la informació denunciant continguts sospitosos a les plataformes digitals perquè siguin revisats.

A més de mesures tècniques i pràctiques, és important que cada lector adopti una posició ètica respecte a la creació i difusió de continguts digitals i tingui cura de:

- Compartir només continguts verificats per evitar la propagació de desinformació.
- No utilitzar tecnologia per manipular continguts d'altres persones sense consentiment.
- Reflexionar sobre com el contingut digital influeix en les opinions i en els comportaments propis.

La millor defensa contra els hipertrucatges és una combinació de coneixement tecnològic, pensament crític i

consciència ètica. Amb una actitud proactiva i una educació digital sòlida, és possible protegir-se dels riscos de la manipulació digital i contribuir a una societat més segura i responsable.

Conclusió

Els hipertrucatges representen una revolució tecnològica que, tot i tenir un gran potencial creatiu i educatiu, planteja desafiaments crucials en l'àmbit de l'ètica, la privacitat i la seguretat. Les implicacions ètiques i socials dels hipertrucatges són profundes i multidimensionals, i afecten sectors com la política, l'entreteniment, els mitjans de comunicació o fins i tot les relacions personals.

Els hipertrucatges representen un repte per a la confiança social, ja que qüestionen la nostra capacitat per discernir entre la realitat i la falsedat en un món digital. Aquesta pèrdua de confiança té repercussions directes en la credibilitat de les institucions, especialment en el context de les notícies i els processos democràtics. Per exemple, els vídeos manipulats poden ser utilitzats per desacreditar figures polítiques o per manipular l'opinió pública, i erosionar així els fonaments de les democràcies modernes.

Una altra implicació significativa és la vulneració de la privacitat i la dignitat personal. Els hipertrucatges s'han utilitzat en nombrosos casos per crear contingut pornogràfic fals sense el consentiment de les víctimes, sovint dones, amb greus conseqüències psicològiques i reputacionals. Aquesta forma de violència digital no només afecta les víctimes directament implicades, sinó que també planteja preguntes més àmplies sobre com protegir els drets individuals en l'era digital. L'ús d'aquesta tecnologia per a la difamació i l'extorsió, així com la seva capacitat per semblar desconfiança entre comunitats, evidencia la seva potencialitat com a arma danyosa.

Les conseqüències socials dels hipertrucatges també inclouen l'augment de la desinformació, que pot ser explotada per actors malintencionats per crear divisions socials i culturals. La propagació de continguts manipulats genera confusió i dificulta la presa de decisions informades, tant en l'àmbit personal com col·lectiu. Aquesta desinformació massiva es veu amplificada per la velocitat i l'abast de les plataformes digitals, que sovint prioritzen el contingut viral sobre l'autenticitat. Això no només perjudica les víctimes directes dels hipertrucatges, sinó que també genera un entorn d'incertesa generalitzada que pot ser explotat per erosionar la confiança en els mitjans i en les institucions públiques.

Des d'una perspectiva ètica, els hipertrucatges plantegen qüestions sobre la responsabilitat dels creadors d'aquesta tecnologia i dels qui la fan servir. Si bé la innovació tecnològica pot tenir usos positius, com en el cinema o l'educació, el seu ús malintencionat posa de manifest la necessitat d'establir límits ètics i regulacions clares. Això inclou abordar preguntes sobre qui hauria de tenir accés a aquestes eines, com se'n pot prevenir l'ús indegut i quines sancions són apropiades per als infractors.

A més, la responsabilitat també recau en les plataformes digitals, que actuen com a vehicles de difusió dels hipertrucatges. Aquestes plataformes tenen l'obligació moral i social d'implementar mecanismes per detectar i eliminar contingut falsificat abans que esdevingui viral. Alhora, és crucial que aquestes iniciatives siguin transparents i respectin els drets dels usuaris, incloent-hi la privadesa i la llibertat d'expressió. La manca de compromís per part de les grans corporacions tecnològiques podria exacerbar els problemes associats als hipertrucatges, i convertir-los així en eines cada vegada més perilloses.

Finalment, les implicacions socials també inclouen l'impacte a llarg termini sobre la confiança en el contingut digital. A mesura que els hipertrucatges es tornen més sofisticats i difícils de detectar, existeix el risc que el públic desenvolupi una desconfiança generalitzada envers tot tipus de contingut digital, fins i tot el legítim. Això podria tenir conseqüències devastadores en sectors com la justícia, en què la credibilitat de les proves digitals és essencial, i en la comunicació, en què la fiabilitat de les notícies és fonamental per al funcionament d'una societat informada.

Abordar les implicacions ètiques i socials dels hipertrucatges requereix un esforç col·lectiu que inclogui la regulació legal, la responsabilitat tecnològica, l'educació digital i la sensibilització pública. Sense un enfocament integral, aquesta tecnologia pot desestabilitzar estructures socials fonamentals, amplificant desigualtats i posant en perill la confiança en el món digital. Només amb una resposta coordinada serà possible aprofitar els beneficis dels hipertrucatges alhora que se'n minimitzen els efectes perjudicials.

D'altra banda, la ràpida evolució de la tecnologia d'hipertrucatge exigeix una resposta contínua i coordinada. Les eines forenses digitals i les tècniques d'aprenentatge automàtic han de mantenir-se en desenvolupament constant per seguir el ritme de les noves tècniques de falsificació. En aquest sentit, la col·laboració entre experts en tecnologia, legisladors i investigadors és fonamental per anticipar i mitigar les noves amenaces que els hipertrucatges poden comportar en el futur.

No obstant això, la tecnologia per si sola no és suficient per contrarestar aquests desafiaments. També és necessari promoure una educació digital que permeti a la ciutadania identificar continguts manipulats i comprendre l'impacte potencial de les notícies falses o alterades. Al mateix temps, la creació d'infraestructures legals robustes

que penalitzin l'ús maliciós d'hipertrucatges i que protegeixin les víctimes és un pas indispensable per mantenir la integritat i la confiança en els mitjans digitals.

En resum, la tecnologia d'hipertrucatge obre un nou camp d'oportunitats, però també exigeix que la societat es doti d'eines tècniques, normatives i educatives per assegurar un ús ètic i responsable d'aquesta tecnologia potent.

Bibliografia

- COLADO, S. (2021). *Multiversos digitales: La tecnología como palanca evolutiva*. Barcelona: Universo de las Letras.
- GONG, D.; LI, Y.; WANG, F. (2020). «Forense de deepfakes: detección sintética per IA amb GANs convolucionals profundes». *Revista Internacional d'Intel·ligència Artificial*, 14 (3), p. 25-36.
- MEGÍAS, D.; KURIBAYASHI, M.; ROSALES, A.; CABAJ, K.; MAZURCZYK, W. (2022). «Architecture of a fake news detection system combining digital watermarking, signal processing, and machine learning». *Journal of Wireless Mobile Networks, Ubiquitous Computing, and Dependable Applications (JoWUA)*, 13 (1), p. 33-55.
- PARIS, B.; DONOVAN, J. (2019). «Deepfakes and cheap fakes: The manipulation of audio and visual evidence» [en línia]. Data & Society Research Institute. <<https://data.society.net/>> [Consulta: 25 abril 2024].
- ROSALLES, A.; MALANOWSKA, A.; KOOPAYEH ARAGHI, T.; KURIBAYASHI, M.; KOWALCZYK, M.; BLANCHE-TARRAGÓ, D.; MAZURCZYK, W.; MEGÍAS, D. (2024). «Trustworthiness and explainability of a watermarking and machine learning-based system for image modification detection to combat disinformation». A: *Proceedings of the 19th International Conference on Availability, Reliability and Security (ARES '24)* [en línia]. Association for Computing Machinery, p. 1-10. <<https://doi.org/10.1145/3664476.3670934>>.
- SHAD, H. S.; LÓPEZ, J. A.; KUMAR, R. (2021). «Anàlisi comparativa del mètode de detecció d'imatges deepfake utilitzant xarxes neuronals convolucionals». *Intel·ligència Computacional i Neurociències*, 18 (4), p. 102-118.
- TERMCAT (2024). «Hipertrucatge» [en línia]. <<https://www.termcat.cat/ca/diccionaris-en-linia>>.
- WESTERLUND, M. (2019). «El sorgiment de la tecnologia hipertrucatge: una revisió». *Technology Innovation Management Review*, 9 (11), p. 39-52.

ELS SISTEMES TECNOLÒGICS A LES GUERRES I ALS CONFLICTES ACTUALS

Pere Brunet Crosa

Catedràtic jubilat de la Universitat Politècnica de Catalunya i investigador del Centre Delàs d'Estudis per la Pau. pere@cs.upc.edu

Resum: En els sistemes militars que veiem a les guerres i als conflictes armats del segle XXI trobem una gran varietat de noves tecnologies relacionades amb la robòtica, l'ús d'Internet, els nous sistemes de posicionament i comunicació, la intel·ligència artificial i altres tecnologies. En aquest article presentem i caracteritzem els principals sistemes robòtics militars, les armes de resposta automàtica, els drons i vehicles no tripulats, els sistemes amb autonomia constructiva i els sistemes letals autònoms, així com les principals tècniques que estan sent utilitzades a les anomenades *ciberguerres*. Acabem amb algunes reflexions ètiques i amb alguns advertiments i propostes que ens arriben de la ciència.

Paraules clau: sistemes militars robòtics, drons, sistemes letals autònoms, ciberguerra, noves tecnologies militars, tecnologia i ètica, reptes globals.

TECHNOLOGICAL SYSTEMS IN TODAY'S WARS AND CONFLICTS

Abstract: The military systems of the wars and armed conflicts of the 21st century are marked by a wide variety of new technologies related to robotics, the use of the Internet, new positioning and communication systems, artificial intelligence, and other technologies. In this article we present and characterize the main military robotic systems, automatic response weapons, drones and unmanned vehicles, systems with constructive autonomy, and lethal autonomous systems, as well as the main techniques that are being used in the so-called *cyberwars*. We end with some ethical reflections and some warnings and proposals based on science.

Keywords: military robotic systems, drones, lethal autonomous systems, cyberwar, novel military technologies, technology and ethics, global challenges.

1. Introducció

En els sistemes militars que veiem a les guerres i als conflictes armats del segle XXI trobem una gran varietat de noves tecnologies bàsicament relacionades amb la robòtica, amb l'ús d'Internet, amb els nous sistemes de posicionament i comunicació, i amb la intel·ligència artificial. Es tracta d'uns sistemes que estan canviant radicalment els plantejaments de les guerres i que afecten cada vegada més la població civil i el planeta.

En aquest article presentem i caracteritzem els principals sistemes robòtics militars, començant amb una reflexió sobre les noves guerres i continuant amb els sistemes militars no tripulats i els drons. Dediquem un apartat als sistemes d'atac a distància per totes les implicacions ètiques i legals que poden i podran tenir.

En un segon bloc tractem dels nous sistemes que fan un ús extensiu de les noves tecnologies d'Internet i d'intel·ligència artificial (IA), parlant dels ciberatacs i

les ciberguerres, dels problemes que pot comportar l'ús de la IA en sistemes de combat i de les noves armes autònomes.

Acabem amb una mirada a la situació d'Europa en aquest àmbit, parlant de diversos aspectes de l'anomenat *complex militar industrial*¹ que integra l'anomenada *recerca militar*, la fabricació europea d'armament i material de doble ús i el comerç d'armes. Abans de les conclusions, el darrer apartat presenta algunes reflexions ètiques, així com alguns advertiments i propostes que ens arriben des de la ciència.

1. El complex militar industrial dels diferents països és l'entramat que formen el sistema militar i la indústria militar, i que condiciona fortament les decisions dels governs. És un terme que va expressar per primera vegada el president Dwight Eisenhower en el discurs de traspàs de la presidència dels Estats Units a John F. Kennedy el gener de 1961. Vegeu, per exemple, William HARTUNG (2001), «Eisenhower's warning the military-industrial complex forty years later», *JSTOR, World Policy Journal* (en línia), vol. 18, 1, <<https://www.jstor.org/stable/40209730>> (consulta: 3 maig 2025).

2. Les noves guerres

Les guerres han anat canviant radicalment des de fa un segle a una velocitat mai vista fins ara, en una espiral d'interacció amb les tecnologies que les ha anat enfortint unes i altres i ha anat fent evolucionar els conflictes. També han anat canviant els escenaris de guerra, que han passat de concentrar-se en objectius militars i estratègics a atacs que acaben afectant greument la població civil no involucrada. Abans de la Primera Guerra Mundial, les guerres eren entre militars i la població civil en quedava més o menys al marge.² Però les guerres actuals ataquen zones urbanes, on els combatents es poden confondre entre la població civil. L'evolució és clara: a la Primera Guerra Mundial hi va haver entre un 42% i un 59% de víctimes civils, mentre que a la Segona Guerra Mundial els morts civils van ser entre un 60% i un 75%,³ i a les guerres actuals aquest percentatge arriba al 90%.⁴

Com a resultat dels avenços tecnològics, les guerres han incorporat el concepte de *distància*, com veurem a l'apartat 4, de manera que una bona part d'atacs es planifiquen i fins i tot s'executen des de centenars o milers de quilòmetres del front. Això comporta una altra característica de les guerres actuals, que és la de ser *asimètriques*. Moltes vegades ja no hi ha «un camp de batalla», sinó sistemes armats automàtics o comandats a distància per l'agressor, que l'agredit es veu amb moltes dificultats per a contrarestar. De fet, es parla de tres tipus d'asimetries (Brunet *et al.*, 2019, p. 12): l'asimetria de mètodes, que consisteix en l'ús de conceptes operacionals o doctrines tàctiques diferents de les de l'adversari, o quan un no respecta les lleis o regles de la guerra; l'asimetria de mitjans o tecnològica, a causa de la diferència en tecnologia, quantitat i qualitat, i l'asimetria de voluntats, que es dona quan un dels blocs en conflicte veu que els seus interessos vitals estan compromesos i, com a conseqüència, està disposat a assumir més riscos i a fer més accions contra l'altre.

Aquestes guerres asimètriques i a distància són més barates econòmicament i podríem dir que més acceptables socialment, pel fet que redueixen de manera notable el nombre de baixes del bàndol que és superior en tecnologia (mentre que incrementen, això sí, les de la població civil atacada). En aquest sentit, hi ha el perill que acabin facilitant l'escalada dels atacs militars, entrant en espirals de violència tecnològica més descontrolades que mai. Fins i tot estem presenciant batalles entre sistemes militars sense intervenció humana, en el que entenc que podríem anomenar *combats entre màquines de guerra*. Ho veiem, per exemple, en els atacs amb drons que són contrarestats parcialment per sistemes de defensa antidron.

2. Vegeu, per exemple, <https://www.sabuco.com/historia/Impacto%20en%20la%20poblacion%20civil.pdf>.

3. Segons el *civilian casualty ratio*, https://en.wikipedia.org/wiki/Civilian_casualty_ratio.

4. Vegeu United Nations Meetings Coverage (maig 2022), <<https://press.un.org/en/2022/sc14904.doc.htm>>.

Ens trobem també les guerres híbrides, que involucren, a més dels estats, determinats actors armats no estatals o no públics, ubicats en la perifèria del sistema polític mundial i que en molts casos estan vinculats a un estat fallit. I les guerres invisibles, les que no ens expliquen, i en les quals els bàndols s'enriqueixen, sovint al Sud Global, amb el gran negoci de l'extracció de recursos i de l'activitat minera. Guerres invisibles que moltes vegades són híbrides, complexes i amb una multiplicitat d'actors i interessos.⁵

Però les noves guerres tenen també una part important de desinformació i de pràctiques de ciberguerra (Brunet *et al.*, 2019, p. 12-13),⁶ com veurem més endavant. Una desinformació intencionada que penetra a la societat civil de tots els bàndols, siguin del país que siguin, siguin més democràtics o menys, que difon «allò que s'ha de dir» i silencia el que no convé. Una manipulació informativa que ha aconseguit *militaritzar les ments* de les poblacions (Calvo, 2016), que acaben normalitzant l'ús de mètodes militars per a abordar els conflictes, d'acord amb mecanismes sofisticats basats en tecnologies de la informació i la comunicació.

En altres paraules, les tecnologies que veurem als apartats que segueixen han canviat totalment els escenaris bèl·lics al món.

3. Els sistemes militars robòtics. Els drons

Els robots són màquines automàtiques capaces de manipular objectes, executar operacions i fer moviments diversos segons un programa que pot ser modificable o adaptable. Poden anar equipats amb sensors per tal de detectar els senyals d'entrada i les condicions ambientals.⁷ Tot robot té, a més, un sistema de control i un o més actuadors, que són els que actuen sobre l'entorn per a fer-hi allò per al que han estat programats. La funció del sistema de control és la de comandar els actuadors a partir de la informació en temps real que rep dels sensors i de determinades informacions preestablertes que emmagatzema a la memòria digital. Els robots programables duen a terme tasques repetitives (com els robots industrials, que fan determinades funcions a les cadenes de producció en sèrie de vehicles), tot i que poden tenir sensors per a evitar, per exemple, situacions imprevistes de perill. Els robots autocontrolables, en canvi, tenen un nivell de programació prèvia més baix, la qual cosa els permet adaptar-se i poder actuar en entorns variables i fins i tot imprevisibles. Com a exemple, podríem parlar dels robots que poden caminar per terrenys abruptes o els que ajuden a vestir-se a persones en procés de recuperació posttraumàtica o dependents. El concepte

5. Per a una anàlisi i categorització de les guerres i dels conflictes armats, vegeu els informes de l'Escola de Cultura de Pau: <https://escolapau.uab.cat/ca/inicio/alerta-informe-sobre-conflictes-drets-humans-i-construccio-de-pau/>.

6. La ciberguerra és l'ús d'atacs informàtics junt amb actuacions econòmiques, publicitàries, de propaganda i d'altres, per a afectar econòmicament un altre país i per a influir en les seves opinions socials.

7. Vegeu <https://www.enciclopedia.cat/gran-enciclopedia-catalana/robot>.

de sistemes militars robòtics (o robotitzats) sorgeix quan els robots s'utilitzen dins l'àmbit militar.

Hi ha sistemes militars robòtics que podríem classificar com a clàssics, com els robots per a desactivar explosius i bona part dels sistemes de detecció de mines. Però aquí parlarem dels nous sistemes militars robòtics que han possibilitat el desenvolupament del que podríem anomenar *noves armes*. Els trobem, entre altres aplicacions militars, als sistemes de defensa aèria, als sistemes de protecció activa, a les municions guiades, a les armes robòtiques sentinella i als drons i vehicles no tripulats (Brunet *et al.*, 2019). També, en tots els sistemes de control dels *nous avions de combat*, que mostren una complexitat tecnològica notable, junt amb un impacte ambiental considerable.⁸

Els sistemes de defensa automàtica contra altres armes (principalment míssils i drons) són sistemes robòtics amb sensors preparats per a atacar de manera automàtica sistemes militars no tripulats. Els trobem en els equipaments de defensa aèria i en els sistemes antidron, i conformen un tipus d'armes en procés de clara expansió. Pel que fa als sistemes antidron, podríem parlar del sistema combinat FAAD C2⁹ de Northrop Grumman; del CLWS de Boeing, que usa un làser de 5 kW,¹⁰ o del sistema Ring ARM-V de l'empresa israeliana Regulus Cyber, que es pot integrar en vehicles blindats,¹¹ entre molts d'altres.

Les armes robòtiques sentinella, com les que trobem a zones desmilitaritzades de fronteres com la que hi ha entre Corea del Nord i Corea del Sud, disposen de sensors i estan preparades per a atacar de manera automàtica, normalment sota el control d'un operador humà. Com a exemple podem mencionar el sistema SGR A1 de Samsung.¹²

Tot i que els sistemes militars robòtics no tripulats més coneguts són els drons,¹³ trobem també una gran varietat

tant de vehicles terrestres no tripulats com de sistemes marítims sense operadors a bord.

Dins de la categoria de vehicles terrestres no tripulats podem esmentar, com a exemple, els UGV Themis de l'empresa Milrem Robotics (Estònia),¹⁴ que també formen part de l'equipament de l'Exèrcit de Terra de l'Estat espanyol. Són vehicles que fan les funcions dels tancs cuirassats, ja que eviten els riscos que podrien tenir-ne els tripulants. Els UGV Themis s'operen a distància, fins i tot des de milers de quilòmetres. En l'apartat dels vehicles marítims sense operadors a bord podem esmentar l'SCR Spayk de l'espanyola Sener, que pot arrossegat blancs marítims seguint una ruta prèviament fixada,¹⁵ o bé el sistema autònom naval turc d'atac Marlin,¹⁶ operat a distància i que pot suportar un pes total de 35 tones, així com el projecte de vehicle submarí militar de reconeixement Mare Vulpe de l'empresa catalana Iqua Robotics.¹⁷

Els drons de vigilància habitualment desenvolupen tasques d'intel·ligència, vigilància i reconeixement i responen a la sigla en anglès ISR (*intelligence, surveillance and reconnaissance*), 'intel·ligència, vigilància i reconeixement'. Disposen de sensors i càmeres tant òptiques com d'infraroig que permeten preparar les operacions que posteriorment portaran a terme els drons armats de combat. Com a exemple, podríem esmentar els grans MQ-9 de General Atomics¹⁸ o el sistema MCL Viper de SpearUAV (Israel).¹⁹ La família Viper 300 inclou funcionalitats ISR, juntament amb munió per a atacs de precisió i sistemes de guerra electrònica. I recentment estem començant a veure drons de reconeixement propulsats per plaques solars a les ales i que poden volar a gran altura de manera ininterrompuda durant llargs períodes. En aquest sentit, podem parlar del dron K1000U-LE de Kraus Hamdani per a l'exèrcit dels Estats Units (EUA),²⁰ del dron Atmos de Kea Aerospace²¹ a Nova Zelanda o del Qimingxing-50 de la Xina.²²

8. Els nous avions de combat F-35A consumeixen al voltant de 5.600 litres de gasolina per hora, molt més que els 3.500 litres per hora dels F-16 que estan substituint. Aquest fet, degut a les seves noves prestacions, implica un impacte ambiental important. Cal tenir en compte que cada litre de gasolina d'aviació es converteix en una quantitat de CO₂ emès a l'atmosfera que oscil·la entre 3,05 i 3,16 quilos. Per tant, els nous F-35A emeten al voltant de 17,36 tones per hora de CO₂. Mark AKKERMAN *et al.* (2022), *Climate collateral* (en línia), informe del TNI, <<https://www.tni.org/en/publication/climate-collateral>> (consulta: 3 maig 2025).

9. Vegeu <https://cdn.northropgrumman.com/-/media/wp-content/uploads/Forward-Area-Air-Defense-Command-and-Control-FAAD-C2-Infographic.pdf?v=1.0.0>.

10. Vegeu <https://www.boeing.com/defense/missile-defense/directed-energy>.

11. Vegeu <https://www.israeldefense.co.il/en/node/58240>.

12. El robot SGR-A1 va ser desenvolupat conjuntament per Samsung Techwin (ara Hanwha Aerospace) i la Universitat de Corea per a ajudar les tropes de Corea del Sud a la Zona Desmilitaritzada de Corea. Té un sistema integrat que inclou vigilància, seguiment i atac. Vegeu, per exemple, <https://www.lavanguardia.com/vida/20191231/472650187646/killer-robots-ataque-drones-inteligencia-artificial-armas.html> i també https://ca.wikipedia.org/wiki/Samsung_SGR-A1.

13. Per exemple, alguns dels drons usats a la guerra d'Ucraïna són el Punisher de l'empresa ucraïnesa UA Dynamics, amb una envergadura de només 2,5 metres i que pot volar durant hores a uns 400 metres d'altura, el Switchblade 600 d'AeroVironment (EUA), dron kamikaze petit i portàtil que xoca contra els objectius per a destruir-los amb un explosiu, i els drons de combat Bayraktar TB2 i TB3 (Turquia, Baykar

Technologies). D'altra banda, hi ha els Zala Artic, Zala Kyb i Zala Lancet de la russa Kalàixnikov. El Switchblade i el Bayraktar són drons d'atac molt usats en exèrcits de tot el món.

14. UGV Themis: <https://milremrobotics.com/defence/>.

15. SCR Spayk: <https://scrdrones.com/producto-item/spayk-ii/>.

16. Vegeu <https://www.defensa.com/defensa-naval/marlin-buque-autonomo-ataque-altas-prestaciones-disenado-turquia>.

17. Vegeu <https://www.infodefensa.com/texto-diario/mostrars/5101236/defensa-encarga-catalana-iqua-robotics-desarrollo-submarino-no-tripulado?>. El Mare Vulpe es basa en el submarí no tripulat Sparus de la mateixa empresa: <https://www.infodefensa.com/texto-diario/mostrars/4825248/armada-pone-prueba-nuevo-uuv-sparus-ejercicio-guerra-minas-baleares>.

18. Comparació entre el MQ-9 Predator Reaper i el MQ-9 SkyGuardian: <https://www.skai.gr/sites/default/files/attachments/2019-12/European%20Maritime%20Flight%20Demo%20-%20Aircraft%20and%20Scenarios.pdf>.

19. Dron MCL Viper de SpearUAV: <https://spearuav.com/viper-family/mcl/>.

20. Vegeu <https://www.defensenews.com/land/2024/10/30/us-army-buys-long-flying-solar-drones-to-watch-over-pacific-units/> i també <https://khaero.com/>.

21. Vegeu <https://www.keaerospace.com/> i també https://www.infodron.es/texto-diario/mostrars/5095066/kea-aerospace-da-gran-salto-hacia-estratosfera-volando-dron-atmos-6000-pies?utm_source=newsletter&utm_medium=email&utm_campaign=Newsletter%20www.infodron.es.

22. Vegeu <https://www.infodron.es/texto-diario/mostrars/3880663/uav-chino-qimingxing-50-impulsado-energia-solar-realiza-exito-primer-vuelo>.

Dins les *armes guiades o preprogramades per operadors* podríem incloure tant les bombes guiades per làser, com ara les JDAM (de l'anglès *joint direct attack munition*), 'munició d'atac directe conjunt', com les dirigides per satèl·lit. En el cas de les bombes guiades per làser (figura 1, superior), un operador a terra o des de l'aire «marca» l'objectiu senyalant-lo amb un làser. El sistema actiu de vol de la bomba detecta la marca feta amb làser i fa que la bomba s'hi dirigeixi. Les bombes JDAM estan preprogramades amb les coordenades GPS de l'objectiu que s'ha de destruir, però, tot i que tenen un marge petit d'error, no és possible canviar aquestes coordenades quan la bomba ja ha estat llançada. En tot cas, i a banda d'alguns sistemes com el Hellfire II dels Boeing AH-64D Apache Longbow, que es dirigeixen per radar, les bombes que més es fan servir són les guiades per làser, les guiades per satèl·lit i les híbrides.²³ Les bombes guiades per satèl·lit es guien per senyals GPS i es dirigeixen a objectius de localització geogràfica preprogramada. En alguns casos, les bombes incorporen una llista de posicions geogràfiques alternatives que s'han programat abans de disparar-les i els operadors poden canviar d'una posició a una altra durant el vol cap a l'objectiu. En cas de pèrdua de senyal GPS o d'interferències, algunes bombes híbrides de tipus JDAM poden passar a vol inercial amb la pèrdua consegüent de precisió però sense haver d'avortar la missió. D'altra banda, les bombes híbrides LJDAM (de l'anglès *laser joint direct attack munition*), 'munició d'atac directe conjunt làser', poden passar a guiar-se per làser quan el senyal GPS és problemàtic. El míssil Tomahawk, per exemple, ha anat evolucionant des de fa cinquanta anys, de manera que la versió actual, el Tomahawk Block IV, inclou guiatge per GPS i satèl·lit.²⁴

Finalment, hem de mencionar els *drons de combat*, que disposen d'armes per a l'atac, com el Punisher de l'empresa ucraïnesa UA Dynamics, amb una envergadura de només 2,5 metres i que pot volar durant hores a uns 400 metres d'altura; el Switchblade 600 d'AeroVironment (EUA), dron kamikaze petit i portàtil que xoca contra els objectius per a destruir-los; els drons de combat Bayraktar TB2 i TB3 (Turquia, Baykar Technologies); el dron rus S-70 Okhotnik, que interacciona amb l'avió de combat Su-57,²⁵ o els Zala Artic, Zala Kyb i Zala Lancet de la russa Kalàixnikov, entre molts d'altres. A Brunet *et al.* (2019) es pot trobar una categorització més extensa d'aquests drons, cada cop més utilitzats a les guerres i als conflictes armats actuals.

4. Els sistemes d'atac a distància

Molts d'aquests drons es comanden des de bases que es troben lluny, d'una manera o altra. La figura 1 mostra, a més de les bombes guiades per làser ja comentades, un esquema del funcionament dels drons que ronden i un eixam de drons.

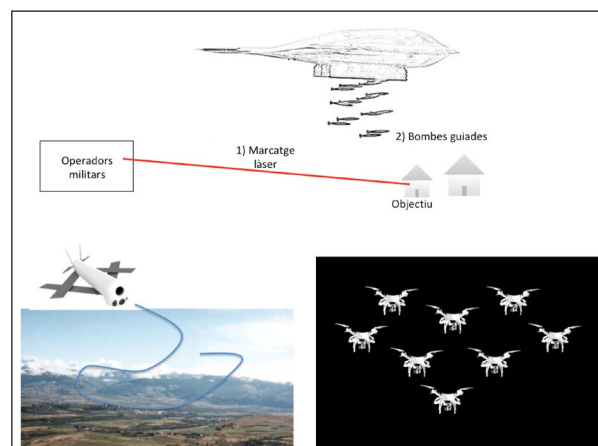


FIGURA 1. A dalt, bombes guiades per làser. A sota, esquema operatiu d'un dron que ronda i d'un eixam de drons.

FONT: Elaboració pròpia a partir d'imatges lliures de drets incloses a Brunet *et al.* (2019).

En el cas dels drons de combat controlats a distància, l'operador controla i gestiona el vol i l'operativa del dron des d'una base d'operacions que es pot trobar a centenars o milers de quilòmetres de distància, mentre observa, en diverses pantalles, el que veuria des de la cabina de vol així com altres imatges de l'entorn. Entre els drons controlats a distància actuals podem esmentar els ja mencionats UGV Themis, el de combat naval Marlin o els MQ-9 Reaper²⁶ i MQ-9B SkyGuardian de GA-ASI. En tot cas, els operadors militars que miren les pantalles, analitzen la situació i donen ordres d'atac; ho fan d'una manera no gaire diferent de la dels jocs per ordinador. Són militars que fan la guerra per torns laborals de manera que, acabat el torn, tornen a la seva vida de cada dia. Tot això genera un greu distanciament psicològic i moral respecte dels seus actes. De fet, com indica Medea Benjamin, quan les operacions militars es porten a terme a través del filtre d'una càmera de vídeo llunyana, la possibilitat de contacte visual amb l'enemic desapareix, de manera que la percepció dels danys d'un possible atac a persones disminueix.²⁷ La desconexió i la distància creen un entorn en què és més fàcil cometre atrocitats.

D'altra banda, tenim els drons que ronden (*loitering drones*, en anglès). Aquests són drons semiautònoms que poden ser de reconeixement o de reconeixement i atac. En els dos casos, el seu interès rau en el fet que no van di-

23. Vegeu Andrea FARRÉS *et al.* (2022), *La necessitat i la possibilitat de prohibir les armes explosives* (en línia), informe 57, Centre Delàs d'Estudis per la Pau, p. 22, <<https://centredelas.org/publicacions/prohibirlesarmesexplosives/>> (consulta: 3 maig 2025).

24. Els EUA han usat més de 1.600 míssils Tomahawk a l'Iraq, Bòsnia, Sèrbia, l'Afganistan i Síria. Vegeu John R. HOEHN (2021), *Report 45996 del Congressional Research Service, Precision-Guided Munitions: Background and Issues for Congress* (en línia), <<https://sgp.fas.org/crs/weapons/R45996.pdf>> (consulta: 3 maig 2025).

25. Per a més informació, vegeu <https://galaxiamilitar.es/rusia-combina-la-potencia-del-uav-de-ataque-pesado-s-70-y-del-caza-furtivo-mas-moderno-su-57/>.

26. Dron MQ-9 Reaper: <https://www.dote.osd.mil/Portals/97/pub/reports/FY2014/af/2014mq9reaperuas.pdf?ver=2019-08-22-110545-110>.

27. Vegeu Andrea FARRÉS *et al.* (2022), p. 23.

rigits a un objectiu prefixat, sinó a una zona geogràfica que és la regió objectiu. Els drons que ronden van volant per la regió assignada, vagarejant i captant informació de tot el que troben. En el cas dels de reconeixement, simplement la comuniquen (en temps real o no) a la base. Però quan són d'atac, el sistema de decisió pot activar (seguint o no les ordres de l'operador segons el seu grau d'autonomia) els sistemes d'armament.²⁸ En aquesta categoria dels drons que ronden tenim els ja comentats Switchblade 600²⁹ i MCL Viper 300, però també el Harop israelià,³⁰ el dron kamikaze Izdeliye 53³¹ de la companyia russa Zala Aero (subsidiària del grup Kalàixnikov) i els iranians Shahed³² 129 i 136 inspirats en els MQ-9, que tenen una autonomia de 24 hores i una envergadura de 16 metres.

Finalment, els eixams de drons són conjunts de desenes, centenars o milers de minidrons que actuen coordinadament gràcies a un sistema específic de comunicació que possibilita la interacció entre ells. També poden ser armats, de reconeixement o eixams que ronden (Brunet *et al.*, 2019). El seu interès ve de la possibilitat de fer tasques de reconeixement i atac en paral·lel, de la coordinació entre els seus moviments i accions, i de la dificultat d'atacarlos, ja que tot subconjunt de drons de l'eixam pot acabar fent les mateixes tasques que feia l'eixam complet abans de ser atacat i de perdre alguns dels drons. Els eixams de drons són objecte de recerca per part de diversos països, i també són candidats potencials a incloure capacitats autònomes. El projecte *nano-Unmanned Aerial Systems* (nUAS) del Regne Unit va en aquest sentit.³³ I, de fet, la recerca sobre eixams de drons militars està entrant en una nova fase, definida per l'autonomia, els atacs que saturen les capacitats defensives del contrari i l'augment de la precisió en els atacs.

28. Per a més informació sobre els drons que ronden (Loitering Munitions), vegeu, per exemple: <https://dronecenter.bard.edu/files/2017/02/CSD-Loitering-Munitions.pdf>.

29. Switchblade 600: <https://www.avinc.com/lms/switchblade-600>.

30. Dron Harop: <https://www.iai.co.il/p/harop>.

31. Dron Izdeliye-53: <https://armyrecognition.com/news/army-news/2023/russia-introduces-izdeliye-53-z-53-kamikaze-drones-with-automatic-guidance-system>.

32. Vegeu, per exemple, <https://www.iranwatch.org/iranian-entities/shahed-aviation-industries>. Vegeu també https://www.infodron.es/texto-diario/mostrar/3912352/rusia-lanza-drones-kamikaze-iranis-sur-ucrania?utm_source=newsletter&utm_medium=email&utm_campaign=Newsletter%20www.infodron.es.

33. Segons els seus responsables, el projecte nUAS afegeix capacitat, protecció de força, intel·ligència, vigilància i capacitats de reconeixement. La intenció en el futur és afegir capacitat d'atac de precisió. Segons expliquen, «això ajudarà en la nostra capacitat d'atac i ens farà més letals a distància, cosa que protegirà les nostres forces i les nostres persones». En el seu sistema Atlas, un operador controla quatre drons en una tauleta i indica tasques manuals individuals de missió. D'altra banda, en el sistema Elbit, l'operador s'encarrega de sis drons i crea missions autònomes. L'operador pot encarregar fins a sis drons d'una flota la mateixa missió o diverses missions per a completar tasques diferents. Vegeu <https://www.army.mod.uk/news/british-army-carries-out-successful-swarming-drone-capability/>.

Almenys onze estats han anunciat programes militars lligats als eixams de drons: Armènia, la Xina, França, l'Índia, Israel, Holanda, Rússia, Espanya, Sud-àfrica, Corea del Sud i els Estats Units. El maig de 2021, Israel va utilitzar un eixam de drons Legion-X d'Elbit Systems en un combat contra Hamàs, amb drons que cercaven objectius i transmetien informació a l'exèrcit d'Israel. I el febrer de 2024, Geoscan, un fabricant rus de drons, va llançar al mercat un kit d'eixam de drons per a principiants que proporcionava deu quadricòpters per a practicar amb algorismes d'intel·ligència cooperativa de l'eixam.³⁴

5. La ciberguerra

D'altra banda, estem assistint a una diversificació dels models de combat, de manera que els mètodes tradicionals es complementen amb mesures polítiques, econòmiques, publicitàries i fins i tot d'interferència electoral. Són actuacions de ciberguerra que, combinades, poden prendre la forma de ciberatacs, manipulacions a les xarxes socials i mètodes de pressió econòmica per tal de desestabilitzar l'opinió pública de l'adversari.³⁵ Ho sabem gràcies a persones com Edward Snowden, que el 2014 va filtrar a la premsa documents que revelaven un entramat complex d'agències d'intel·ligència a nombrosos països occidentals que havien establert un sistema de vigilància global i que recopilaven dades, documents i comunicacions de tota mena, amb programes secrets de vigilància massiva que trencaven la seguretat dels sistemes operatius (Brunet *et al.*, 2019, p. 13).

Molts estats estan desenvolupant capacitats de ciberguerra dins de les seves estratègies de defensa i seguretat, tant ofensives com defensives. Podem dir que les armes cibernètiques no són objectes físics, sinó elements funcionals que realitzen accions amb determinades finalitats preestablertes.

Els ciberatacs poden incloure (Brunet, 2022):

- Els atacs als sistemes econòmics de determinades empreses i grans organitzacions, com el que va patir el 2017 el sistema nacional de salut del Regne Unit.

- La propaganda, la desinformació i la influència a l'opinió pública a través de les xarxes socials, utilitzant identitats inexistents i transmetent missatges tendenciosos. L'empresa Cambridge Analytica va utilitzar el perfil psicològic de 220 milions de ciutadans dels Estats Units per a enviar-los falsos missatges electorals personalitzats, a més d'influir en més de 200 processos electorals a tot el món.

- L'espionatge, com el que va patir la cancellera Angela Merkel el 2014 per part de l'agència NSA dels Estats

34. Per a una anàlisi més detallada vegeu, per exemple, <https://mwi.westpoint.edu/swarm-clouds-on-the-horizon-exploring-the-future-of-drone-swarm-proliferation/>.

35. I que fins i tot poden arribar a actuacions coordinades amb la ciberdelinqüència, amb el crim organitzat o amb moviments subversius i terroristes.

Units, els enregistraments (fets per la mateixa NSA) de converses a les Bahames, Kenya, les Filipines, Mèxic o l'Afganistan o les del sistema israelià Pegasus de l'empresa NSO, que aprofita vulnerabilitats per a infiltrar-se als telèfons mòbils.

— El sabotatge a sistemes militars com drons, sistemes de combat i de comunicació, però també a infraestructures civils d'energia, aigua, combustibles, transport i comunicacions. Aquestes accions es duen a terme mitjançant atacs cibernètics als sistemes informàtics de control de les instal·lacions objectiu.

— Els atacs cibernètics per sorpresa, que poden ser de diversos tipus. Els de *negació de serveis* (DoS, de l'anglès *denial of services*) solen bloquejar un determinat servei mitjançant l'estratègia de saturar sobtadament el servidor informàtic amb milions de peticions simultànies enviades des de moltíssims punts del planeta. Els *troians* són programes i aplicacions aparentment inofensius que poden arribar com a adjunts a correus electrònics, que s'instal·len als ordinadors i que després poden fer accions d'espionatge, bloqueig, modificació o esborrament de dades. Altres atacs cibernètics inclouen els sistemes de *segrest de dades* (en anglès, *ransomware*), que s'introdueixen als ordinadors de manera semblant als troians per a, després d'un temps de repòs o hibernació, encriptar i bloquejar l'accés a la informació, que únicament es pot recuperar després de pagar un rescat, o bé *els sistemes de tipus enregistrator de teclat* (en anglès, *keylogger*), que registren les pulsacions del teclat per a capturar contrasenyes.

Una característica comuna a totes aquestes tècniques de ciberatac és que habitualment usen recursos existents a Internet que poden ser de codi obert,³⁶ amb eines de programari que en molts casos tenen una complexitat no excessiva. En molts casos, a més, encara que les infraestructures objectiu estiguin dotades de grans mesures de seguretat, els sistemes ciberatacants detecten i aprofiten els errors humans que de tant en tant es produeixen i que generen esclatxos que obren temporalment la porta als atacants.

La ciberguerra i els ciberatacs es fan amb eines immaterials, tenen per tant un cost econòmic baix i poden ser molt destructius. Els tenim aquí, i hi haurem de conviure.

6. Els sistemes basats en intel·ligència artificial

Quan parlem d'intel·ligència artificial (IA), ens referirem a aplicacions informàtiques dissenyades per a intentar actuar de manera similar a les persones humanes en àmbits específics. Observem que es tracta d'actuar, no de pensar o raonar, i que es tracta de fer-ho en àmbits molt concrets. Una IA dissenyada per a millorar fotos no serveix en traducció ni viceversa.

36. Hi ha un debat, des de diferents perspectives, sobre el fet que el codi obert pot ajudar el terrorisme. Vegeu, per exemple, <https://www.nature.com/articles/s41599-024-03597-y>, o bé https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-47671-1_2.

Després de l'aparició, a les darreres dècades del segle xx, dels algorismes d'IA basats en coneixement i regles, aquests anys del segle xxi la IA s'ha anat materialitzant bàsicament en els nous sistemes anomenats d'*aprenentatge profund* o d'*IA basada en dades*. Aquesta IA basada en dades treballa en dues fases: la primera d'aprenentatge o entrenament i la segona d'ús (en alguns casos, ambdues fases interaccionen de manera que els sistemes continuen aprenent durant l'ús). La primera és altament costosa i laboriosa i requereix una gran potència de càlcul, mentre que la segona es pot executar en ordinadors personals o telèfons mòbils i és eficient i ràpida. La fase d'aprenentatge és invisible, lenta i desconeguda, mentre que la d'ús sembla gairebé trivial si oblidem el volum de treball preparatori d'entrenament (López de Mántaras i Brunet, 2024). Podríem comparar-les amb el procés d'aprenentatge dels nadons i amb el moment en què ja comencen a parlar.

Veiem una onada d'entusiasme amb la IA a moltes àrees de l'activitat humana, i la veritat és que ens pot ser útil en molts casos, com explica Ramon López de Mántaras (2023a). Però aquests sistemes no tenen coneixements de sentit comú i, a més, els sensors que puguin tenir ni «perceben» la realitat ni hi poden interactuar. No poden gestionar situacions imprevistes ni aprendre a partir de l'experiència (López de Mántaras, 2020). Durant els primers anys de vida, el cervell dels infants va madurant sobre la base de la interacció constant amb l'entorn i les persones. Els sistemes d'IA, en canvi, es nodreixen d'informació congelada en el temps, freda i descontextualitzada (López de Mántaras 2023b). Això dona lloc a diferents tipus de problemes que cal tenir en compte si se'n vol fer un ús correcte³⁷ (López de Mántaras i Brunet, 2024):

1) L'aprenentatge als sistemes d'IA és imperfecte i esbiaixat, ja que és impossible disposar de conjunts de dades totalment imparcials.

2) Els sistemes d'IA s'equivoquen, amb un percentatge d'error intrínsec que depèn del tipus de problema, de la qualitat de les dades d'aprenentatge, de l'estructura de la xarxa neuronal i de la qualitat del procés d'entrenament, però que mai és nul.

3) La IA és una caixa negra i els seus resultats no són explicables, ni per part dels experts. Com que no ho són, la rendició de comptes es fa gairebé impossible.

4) L'entrenament dels sistemes d'IA és molt costós en termes ecològics i d'energia (Brunet, 2025).

I, de fet, podem parlar de la caracterització que mostra la figura 2:

37. Vegeu també la crònica de la conferència impartida a UManresa el desembre de 2024 per Ramon López de Mántaras: <https://www.umanresa.cat/es/comunicacion/noticias/el-experto-ramon-lopez-de-mantaras-ofrece-una-vision-critica-de-la-ia-en>.

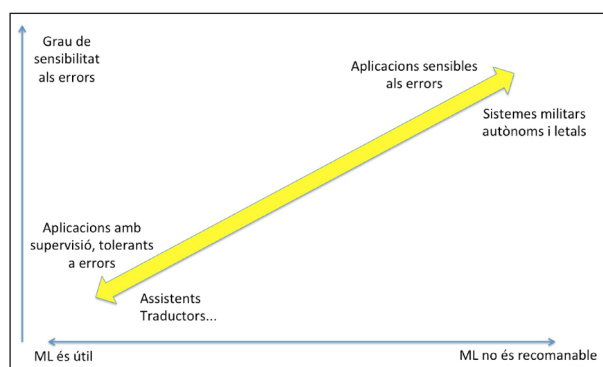


FIGURA 2. Utilitat de la IA basada en xarxes neuronals i aprenentatge profund (ML, de l'anglès *machine learning*) d'acord amb el grau de sensibilitat als errors que tenen diferents possibles aplicacions.

FONT: Elaboració pròpia.

A la figura 2 veiem que podem classificar les aplicacions que usen tècniques d'IA entre les que són tolerants als errors (traductors, sistemes de millora de fotografies, assistents publicitaris, etc.) i les que no. En els primers casos, la IA ens pot ser útil (López de Mántaras, 2023a) tot i que és recomanable supervisar-ne els resultats. Altres aplicacions, com les de l'àmbit de la diagnosi i intervencions en medicina, són molt sensibles als errors en els resultats i requereixen forçosament que un expert els validi i se'n faci a la vegada responsable. L'ús no supervisat (o poc) dels sistemes d'IA en aquests casos no pot ser acceptable des d'una perspectiva ètica,³⁸ tot i que és el que passa en un bon nombre d'aplicacions militars i de combat.³⁹

Incidint en aquest darrer cas, veiem que els sistemes d'IA militars que Israel ha anat perfeccionant des de 2021 i que utilitza per a detectar i localitzar presumptes membres de Hamàs a Gaza⁴⁰ es basen com a mínim en tres components: el sistema «Lavanda» (*Lavender*, en anglès), l'«Evangeli» (*Gospel/Habsora*) i «On és el papa» (*Where's Daddy*). El primer parteix d'informació personal i de dades sobre l'activitat a Internet i xarxes socials dels més de dos milions de palestins que viuen a Gaza i els acaba assignant a la majoria un índex personal que estima la probabilitat que sigui un combatent, amb un valor entre 0 i 100. L'objectiu del segon, que utilitza, entre d'altres, informació sobre trucades de mòbil, imatges de satèl·lit i de drons, és el de detectar i marcar edificis sospitosos. El tercer parteix de la llista de sospitosos donada pel sistema Lavanda i envia una alerta quan la persona seleccionada entra per la porta de casa seva, cosa que dona llum verd per a bombardejar la

casa.⁴¹ Durant el seu ús hi ha hagut supervisió humana, però Yuval Abraham explica que aquesta supervisió no durava més de vint segons per cada cas concret,⁴² tot i que els operadors militars sabien que el sistema comet el que es consideren «errors» aproximadament en el 10% dels casos, ja que marca erròniament persones que només tenien una connexió fluixa amb grups militants o que no hi tenien cap connexió. També explica i esmenta les declaracions d'un oficial d'intel·ligència d'Israel que deia fa poc que «no hem de malgastar bombes cares amb persones sense importància, és molt car per al país i les bombes són escasses», mentre que un altre afirmava que a la guerra no hi ha temps per a analitzar bé tots els objectius, i que per tant cal arriscar-se a atacar [gent innocent] per error, als danys col·laterals i a matar civils. Segons les fonts mencionades per Yuval Abraham, el sistema Lavanda va arribar a incloure 37.000 homes (les dones queden excloses de la selecció) a la llista de persones suposadament pertanyents a Hamàs que calia eliminar. D'acord amb les afirmacions d'aquestes mateixes fonts, als sospitosos se'ls mata a casa seva, en part, perquè «des del punt de vista de la intel·ligència militar és més fàcil marcar les cases familiars mitjançant sistemes automatitzats».⁴³

7. Els sistemes letals autònoms

Fins aquí hem vist tecnologies d'atac que són inertes i no incorporen sistemes per a la decisió sobre els seus objectius (les bombes tradicionals, per exemple), sistemes programats o guiats per control remot (les bombes guiades per làser), sistemes automatitzats com les armes robòtiques sentinella a certes zones de frontera que podríem anomenar *heurístics* perquè els algorismes que en controlen les actuacions depenen de paràmetres ajustables que els operadors militars poden anar corregint i adaptant,⁴⁴ i

41. Segons una investigació rigorosa del periodista i cineasta Yuval Abraham que es va publicar a la revista +972. Vegeu l'article a <https://www.972mag.com/lavender-ai-israeli-army-gaza/>.

42. Tots els sistemes d'IA s'equivoquen, els traductors, els generatius, els de diagnosi mèdica i els militars. Per això supervisem els resultats de les traduccions, i per això èticament no podem acceptar aquests sistemes d'IA militar cruels i deshumanitzats que s'utilitzen mecànicament i sense una supervisió suficient. Perquè en vint segons no es pot decidir si a una persona se la mata o no. Vint segons dramàtics durant els quals, a més, els operadors militars estan sotmesos al conegut biaix d'automatització, aquesta tendència innata que tenim a donar per bo el que ens proposa una màquina. Si el percentatge estimat d'error a Lavanda és d'un 10% de falsos positius, com diu Yuval Abraham, això implica que l'exèrcit d'Israel va incloure erròniament de l'ordre de 3.700 civils a la llista d'objectius, amb el resultat que se'ls va acabar assassinant a ells junt amb els familiars, dones i nens que els acompanyaven.

43. Vegeu la nota 41, referent a l'article del periodista i cineasta Yuval Abraham que es va publicar a la revista +972.

44. Es diu que un sistema és heurístic quan el seu comportament depèn de paràmetres que cal anar ajustant. En el cas de les armes sentinella de les fronteres, aquests paràmetres poden incloure la mida d'allò que les càmeres detecten, la velocitat i les característiques del seu moviment, la proximitat al terra i d'altres.

38. Vegeu LUC STEELS i RAMON LÓPEZ DE MÁNTARAS (2018), *The Barcelona declaration for the proper development and usage of artificial intelligence in Europe* (en línia), <<https://repositori.upf.edu/items/c6477fd9-dfe2-411c-8977-257cd4f680ad>> (consulta: 3 maig 2025).

39. Vegeu, per exemple, l'entrevista de Lluís Amiguet a Helga Nowotny (*La Vanguardia*, *La Contra*, 26-3-2024, <https://www.lavanguardia.com/lacontra/20240326/9582317/inteligencia-artificial-esta-cambiando-mundo-guerra.html>).

40. Vegeu la Tribuna de *La Vanguardia* del 7-4-2024. «La IA en mans d'humans sense humanitat»: <https://www.lavanguardia.com/internacional/20240407/9589382/ia-manos-humanos-humanidad.html>.

els sistemes basats en vehicles no tripulats, siguin marí-tims, terrestres o aeris (drons).

Els vehicles no tripulats, i en particular els drons, inclouen sensors, sistemes de control, components de subministrament d'energia (bateries elèctriques o dipòsit de combustible), sistemes de navegació i propulsió (motors, hèlix, alerons, etc.), sistemes de comunicació i actuadors. Els sensors solen ser càmeres òptiques i càmeres d'infraroig, a més d'un sistema GPS. Els sistemes de control gestionen tant la navegació com els actuadors, d'acord amb algorismes automàtics o en funció de les instruccions que reben dels operadors que es troben a terra a través del sistema de comunicacions (algunes vegades també usen informació de satèl·lit) i enviant a més la informació dels sensors (imatges, posicionament GPS) a la base. La gestió dels actuadors només existeix en el cas de drons d'atac (no en el cas de drons ISR) i comporta l'activació de les armes o dels explosius que el dron pugui portar.

	Característiques	Problemàtica	Exemple	Nota
Armes robòtiques sentinella	Automàtica	Cal supervisió	SGR-A1	13
Vehicles de terra no tripulats	Comandat dist.	Distància	UGV Themis	15
Vehicles navals no tripulats	Comandat dist.	Distància	Marlin	17
Drons de reconeixement (ISR)	Sensors, ISR	Baixa	MCL Viper	20
Drons ISR de gran autonomia	Sensors, solar	Baixa	K1000ULE	21
Armes guiades	Làser o satèl·lit	Distància	Tomahawk	25
Sistemes antidron	Automàtic o no	Baixa	Ring ARM-V	12
Drons d'atac comandats a distància	Comandat dist.	Distància	MQ-9 Reaper	27
IA de suport als atacs	IA, distància	Baixa automatitz.	Lavender	42
Drons amb autonomia constructiva	Hi pot haver control humà en l'ús (on) o no (out)	Baixa d'automatització cas on o greus problemes ètics out	Harop	31
Drons d'atac que rondan			Switchblade	30
Eixams de drons d'atac			nUAS	34
Grans drons d'atac			Bayraktar TB-3	14
			Sukhoi S-7034	48

FIGURA 3. Resum i classificació dels sistemes militars robòtics. En cada cas n'indiquem el tret característic, la problemàtica que poden presentar, un exemple i la seva corresponent nota a peu de pàgina. El primer apartat inclou els sistemes robòtics més clàssics, tant de reconeixement com d'atac; la problemàtica d'aquest tipus de sistemes o és baixa o es relaciona amb la de la seva operació a distància; vegeu la nota 28. El segon apartat inclou els sistemes d'atac comandats a distància que hereten la mateixa problemàtica, així com els sistemes d'IA de suport als atacs. Finalment, el tercer apartat inclou els drons amb autonomia constructiva en els quals la problemàtica ètica depèn de si hi ha control durant l'ús (situació *sobre*) per part dels operadors militars o no (situació *fora*).

FONT: Elaboració pròpia.

En tot cas, i com mostra la figura 3, podem classificar les armes actuals en funció de si tenen o no autonomia constructiva i de com s'utilitzen. Les armes sense autonomia constructiva es basen en sistemes automatitzats, com ja hem comentat. En canvi, les que sí que tenen autonomia constructiva han estat dissenyades per tal de poder actuar sense intervenció humana en totes les fases d'un atac, i incorporen sistemes d'IA amb tècniques d'aprenentatge profund en els processos de decisió (Brunet *et al.*, 2019). Ara bé, l'autonomia d'aquestes armes durant un combat depèn del grau d'intervenció humana, que pot ser del tipus *dins el circuit* (en anglès, *in the loop*), *sobre el circuit* (en anglès, *on the loop*) o bé *fora del circuit* (en anglès, *out of the*

loop).⁴⁵ En el primer cas (*dins*) l'arma o sistema d'atac n'informa els operadors militars, que són els qui deliberen, decideixen si cal atacar l'objectiu i donen les ordres d'atac. En el segon cas (*sobre*), el sistema d'atac proposa destruir un determinat objectiu i espera un temps (limitat) durant el qual els operadors militars remots poden enviar l'ordre d'avortar l'operació d'atac. Però en el darrer cas (*fora*), l'arma o el sistema d'atac passa a destruir l'objectiu sense que hi hagi cap intervenció humana. És en aquest cas d'autonomia d'ús que parlem d'armes autònomes i, concretament, de sistemes letals autònoms (LAWS, de l'anglès *lethal autonomous weapons*).

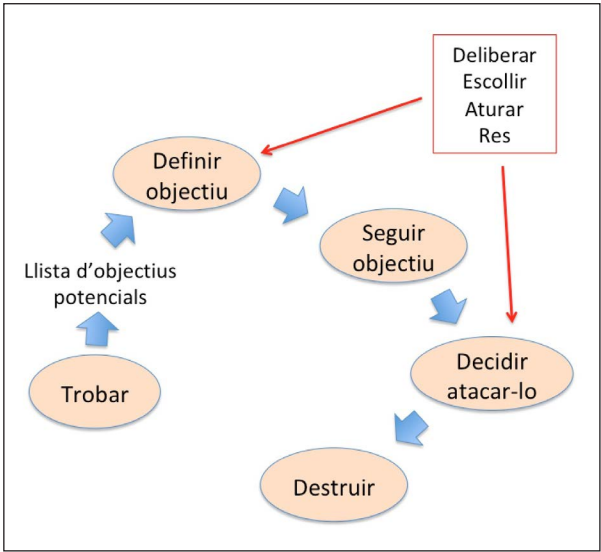


FIGURA 4. Tasques en un sistema d'atac i armes autònomes. FONT: Elaboració pròpia.

Això és el que mostra la figura 4. En el procés d'un atac militar, la primera fase és la de trobar objectius potencials i confeccionar-ne una llista. En una segona fase, s'analitzen aquests objectius potencials per tal de definir l'objectiu concret que s'ha d'atacar. Tot seguit se'l va seguint i, en un moment, es decideix atacar-lo i finalment destruir-lo. A les dues tasques més crítiques, la de definir l'objectiu i la de decidir atacar-lo, la intervenció humana pot ser a diferents nivells: que hi hagi un procés deliberatiu per a definir, escollir i decidir atacar l'objectiu (cas de *dins*), que hi hagi la possibilitat d'aturar l'atac (cas *sobre*) o que l'arma, en el cas de ser autònoma, actuï sense cap intervenció humana (*fora*). Aquest darrer cas inclou els sistemes antidron que ataquen ginyes militars no tripulats i les armes letals autònomes.

Entre els nombrosos sistemes actuals de combat que tenen autonomia constructiva i que, per tant, poden tenir

45. Vegeu Vincent BOULANIN i Maaïke VERBRUGGEN (2017), *Mapping the development of autonomy in weapon systems* (en línia), Estocolm, SIPRI, <https://www.sipri.org/sites/default/files/2017-11/siprireport_mapping_the_development_of_autonomy_in_weapon_systems_1117_1.pdf> (consulta: 3 maig 2025).

capacitats autònomes letals (LAWS) podem esmentar els ja comentats Switchblade (EUA), els Harop i Harpy (Israel), el Sukhoi S-70 (Rússia)⁴⁶ o el Bayraktar TB-3 (Turquia).

8. Europa, la tecnologia militar i el comerç d'armes

Europa es militaritza. Per primera vegada a la història de la Unió Europea (UE), Europa finança el desenvolupament de productes i tecnologia estrictament militars amb pressupostos de la Unió. El Fons Europeu de Defensa (FED) té una assignació de 8.000 milions d'euros durant el període 2021-2027, als quals s'afegiran contribucions específiques dels estats membres en el cas de desenvolupament de productes i tecnologia militars.⁴⁷

Cal dir que el FED ha estat el resultat d'una bona jugada de la indústria militar europea, que va ser qui va aconsellar el finançament públic de la investigació militar a través del consell assessor anomenat *Grup de Personalitats*, i ara és la gran beneficiada de la implementació del fons. La indústria europea de defensa i seguretat desenvolupa els projectes, cobra les subvencions del FED, es queda la propietat intel·lectual dels resultats i, finalment, es lucra venent-los als estats membres, que hi estan obligats per la mateixa regulació del FED. Cal dir, a més, que molts dels projectes inclouen tècniques d'IA i que alguns tenen objectius poc realistes.⁴⁸ I és que, de fet, la llei reguladora europea sobre la IA,⁴⁹ anomenada *AI Act*, deixa fora de la regulació europea la IA militar.⁵⁰

Es diu que davant els nous reptes calen més mitjans de defensa i seguretat militaritzada, que Europa ha de protegir les seves fronteres per a protegir el seu «mode de vida», i que cal per tant incrementar-ne les capacitats defensives amb un augment de pressupostos i amb programes de re-

cerca i desenvolupament de nous sistemes d'armament. Però tot plegat és, com a mínim, argumentable i discutible. Perquè els informes de Nacions Unides ens diuen que hi ha propostes alternatives, locals i globals, d'una seguretat que, lluny de basar-se en els esquemes militars, és humana.⁵¹ Perquè cada cop sorgeixen més veus crítiques (Calvo, 2018) amb les polítiques de seguretat tradicionals, de caràcter militarista, que conformen la seguretat actualment hegemònica. Perquè, com veurem tot seguit, els missatges que ens arriben des de la ciència deixen clar que els veritables reptes de la humanitat són globals i transfronterers, i que per tant les geopolítiques haurien de deixar de basar-se en la protecció de fronteres per a centrar-se a cooperar globalment com a humanitat⁵² en un context d'enfortiment del multilateralisme.⁵³ I perquè la dita *recerca militar* mai serà recerca.⁵⁴

Any rere any els pressupostos militars augmenten, les exportacions d'armes mostren un creixement constant, la indústria militar es continua expandint i cada cop més països són capaços de produir armes.⁵⁵ S'estan incrementant les subvencions públiques i els préstecs per a la investigació i el desenvolupament de noves armes, i des de l'OTAN s'empeny els estats membres a dedicar el 2 % del PIB a pressupostos militars (Calvo, 2021). I, en aquest context, l'Estat espanyol és un dels principals agents mundials pel que fa a la producció i exportació d'armament i tecnologia militar i, de fet, es troba en la vuitena posició a escala mundial quant a exportacions militars, segons explica el prestigiós institut SIPRI,⁵⁶ darrere dels Estats Units, França, Rússia, la Xina, Alemanya, Itàlia i el Regne Unit. I per davant d'Israel, Corea del Sud, Austràlia, Turquia i molts d'altres.

46. Sukhoi S-70: <https://galaxiamilitar.es/sukhoi-s-70-el-dron-furtivo-de-rusia-de-sexta-generacion-ya-esta-aqui/>.

47. Vegeu, per exemple, P. BRUNET (2024), «El Fondo Europeo de Defensa, la inteligencia artificial y el dilema de Europa», *Diario Público* (21-5-2024) (en línia), <<https://www.publico.es/opinion/columnas/fondo-europeo-defensa-inteligencia-artificial-dilema-europa.html>> (consulta: 3 maig 2025).

48. De l'estudi de trenta-quatre projectes concrets (divuit projectes PADR i setze projectes EDIDP de la convocatòria 2019) es dedueix que sis inclouen tècniques explícites d'IA i que cinc més podrien incorporar-les. D'altra banda, hi ha projectes com l'EU HYDEF que es plantegen objectius profètics com el disseny d'un interceptor de míssils basat en «les amenaces que existiran el 2035». Vegeu l'informe del TNI (2022), *Fanning the flames: How the European Union is fuelling a new arms race* (en línia), <<https://www.tni.org/en/publication/fanning-the-flames>> (consulta: 3 maig 2025).

49. Document *AI Act* aprovat pel Parlament Europeu: [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2021/698792/EPRS_BRI\(2021\)698792_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2021/698792/EPRS_BRI(2021)698792_EN.pdf). Vegeu, també, <https://www.europarl.europa.eu/news/en/headlines/society/20230601STO93804/eu-ai-act-first-regulation-on-artificial-intelligence>.

50. Matthew HUTSON (2023), «Rules to keep AI in check: nations carve different paths for tech regulation - A guide to how China, the EU and the US are reining in artificial intelligence», *Nature* (agost) (en línia), <<https://www.nature.com/articles/d41586-023-02491-y>> (consulta: 3 maig 2025).

51. Sobre el concepte de *seguretat humana* promogut des de Nacions Unides (Resolució 66/290 de l'Assemblea General), vegeu, per exemple, <https://www.un.org/humansecurity/what-is-human-security/> i vegeu, també, <https://www.un.org/humansecurity/>.

52. Segons Gaia Vince, «la nostra millor esperança és cooperar com mai hem fet fins ara». A: «The heat is on over the climate crisis. Only radical measures will work», *The Guardian* (18-5-2019) (en línia), <<https://www.theguardian.com/environment/2019/may/18/climate-crisis-heat-is-on-global-heating-four-degrees-2100-change-way-we-live>>.

53. Ho va explicar molt bé Federico Mayor Zaragoza en un article a *El País* de 2012, titulat «La urgencia del multilateralismo democrático» (en línia), <https://elpais.com/elpais/2012/03/06/opinion/1331050503_501028.html> (consulta: 3 maig 2025).

54. Una de les característiques essencials de la recerca científica és el fet de ser universal, amb resultats que es publiquen i es fan públics a tota la comunitat mundial. La dita *recerca militar*, en canvi, és secreta i d'ús restringit a determinats grups de població. Atès que la recerca és universal o no és, entenem que no és correcte parlar de *recerca militar*. En tot cas, sí que es pot parlar de *desenvolupament de tecnologies militars*.

55. Vegeu, per exemple, els treballs de l'Institut SIPRI: <https://www.sipri.org/publications/2024/sipri-fact-sheets/trends-international-arms-transfers-2023>.

56. Vegeu la nota anterior.

9. Algunes reflexions des de l'ètica i la ciència

Els investigadors i desenvolupadors de sistemes robòtics estan cada cop més preocupats pels aspectes ètics, fins al punt que han començat a parlar de roboètica.⁵⁷ Tal com indica Margaret Boden:⁵⁸ «Un robot és una eina i, com a tal, mai és legalment responsable de res. S'han d'establir procediments d'atribució de responsabilitat dels robots, de manera que sempre es pugui determinar quina persona és legalment responsable de les accions dels robots». Això és especialment important en els robots assistencials que cal que treballin interaccionant amb humans (Pareto Boada, Ramón i Torras, 2021), però també en tota la robòtica militar, atès el risc evident que hi ha de causar la mort de persones, sobretot de la gent civil que acaba patint i perdent la vida per efecte dels anomenats *danys colaterals*.

D'altra banda, Barbara J. Grosz, parlant de la robòtica als estudis d'enginyeria, afirma: «Quan el raonament ètic sigui un element central dels estudis, l'alumnat no només aprendrà a pensar sobre la tecnologia que pot dissenyar, sinó a plantejar-se si l'hauria de dissenyar».⁵⁹

Una frase que resumeix no només la roboètica, sinó tot el paper central que ha de tenir l'ètica en els processos de disseny i desenvolupament tecnològic en tots els camps, des de la sanitat fins als serveis (Torras, 2016), passant òbviament pels nous sistemes d'armament.

I és que el recurs a les solucions militars i a les guerres com a suposada manera de resoldre els conflictes és fortament qüestionat des de l'àmbit de l'ètica. Un recurs, el de la violència, que no pot portar mai a una pau estable perquè, com ja deia Gandhi, els mitjans configuren i conformen els fins.⁶⁰ Un recurs a la violència que amaga ànsies de poder i d'un benestar malentès, com bé ens explica Emilio Lledó⁶¹ (Brunet, 2023, p. 11). I un recurs, el de la guerra, que ara mateix hauria de ser obsolet, com bé ens recordava fa dècades el visionari Buckminster Fuller (Brunet, 2023, p. 48-52). Fuller va inventar el terme *viviment* (*livingry*, en anglès) en contraposició a armament o *weaponry*.⁶² Deia que

calia una forta reconversió tecnològica que redirigís els recursos que ara es destinen a l'armament global, traient-los dels pressupostos militars i destinant-los a solucions avançades de *viviment* que revertissin en tota la humanitat. Perquè, a més, com ens recorda el reconegut polític Bertrand Badie, des de 1945 les guerres ja no es guanyen,⁶³ sinó que acaben en negociacions i acords de pau.

I, d'altra banda, les emissions de les activitats militars i les guerres agreugen de manera significativa l'escalfament global del planeta sense que en general es facin públiques aquestes dades (l'Estat espanyol no les publica) i sense que computin en el còmput de les emissions globals.⁶⁴

Pel que fa als aspectes ètics relacionats amb l'ús dels drons, tenim diferents supòsits, com mostra la figura 5.

	Persones en el circuit	Persones damunt el circuit	Persones fora del circuit
Armes automatitzades	Distància	Biaix d'automatització	
Armes amb decisió heurística	Distància	Biaix d'automatització	Rendició de comptes
Armes basades en sistemes autònoms d'aprenentatge		Biaix d'automatització	Rendició de comptes Dignitat humana

FIGURA 5. Aspectes ètics relacionats amb l'ús dels drons.

FONT: Elaboració pròpia.

Com hem vist, podem parlar d'armes automatitzades sense capacitat de decisió, d'armes amb sistemes de decisió heurística i de sistemes de combat amb autonomia constructiva basats en sistemes d'IA i aprenentatge. També, com hem indicat, durant l'ús l'operador militar es pot trobar dins del circuit, a sobre o fora. Els problemes ètics⁶⁵ provenen de l'efecte deshumanitzador de la distància, com

millorar les condicions de vida de les persones i que, en canvi, s'acaben convertint en mitjans de destrucció. En una visió profètica de la globalització, parlava de sostenibilitat i de la fallàcia d'un pretès creixement il·limitat que només beneficiava uns quants (Brunet, 2023, p. 48-52).

63. Vegeu *La Vanguardia* (14-5-22), <<https://www.lavanguardia.com/encatala/20220514/8266182/des-1945-les-guerres-ja-guanyen.html>>.

64. Les forces armades dels EUA, per exemple, consumeixen més fuel i emeten més gasos d'efecte hivernacle (GEH) que la majoria dels països de grandària mitjana. Només tenint en compte les emissions derivades de la combustió de fuel, el Departament de Defensa dels EUA és el 47è emissor més important de GEH del món, per davant de Bèlgica o Portugal. Però la comunicació i la reducció de les emissions militars van quedar exemptes al Protocol de Kyoto de 1997. L'Acord de París de 2015 va suprimir-ne l'exempció, tot i que, no obstant això, va dir que publicar informació sobre les emissions militars és voluntari; i el fet és que els estats rarament les fan públiques. En tot cas, un estudi de Stuart Parkinson i Lindsay Cottrell de 2022 estima que la petjada de carboni militar mundial es mou entre el 3,9% i el 8,2% de les emissions globals: <https://www.sgr.org.uk/publications/under-radar-carbon-footprint-europe-s-military-sectors>.

65. Vegeu la nota 40.

57. Vegeu, per exemple, els treballs de Gianmarco Veruggio: <http://www roboethics.org/icra2005/veruggio.pdf>.

58. Margaret Boden et al. (2017), «Principles of robotics: Regulating robots in the real world», *Connection Science* (en línia), vol. 29 (2), p. 124-129, <<https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/09540091.2016.1271400>> (consulta: 3 maig 2025).

59. Vegeu Barbara Grosz et al. (2019), «Embedded EthICS: integrating ethics across CS education», a *Communications of the ACM* (en línia), vol. 62 (8), p. 54-61, <<https://dl.acm.org/doi/pdf/10.1145/3330794>> (consulta: 3 maig 2025).

60. Gandhi deia que el fi és dins dels mitjans, com l'arbre és dins la llavor.

61. El filòsof Emilio Lledó explica que els grecs van aprendre el significat de la paraula *benestar* quan, segle rere segle, van anar passant d'un concepte basat en el *bentenir* (tenir més de tot, acaparant, si calia amb violència, els béns dels altres) al *benestar* que sortia del *benser*, de la consciència de la pròpia finitud, de la pau i de la cura de les persones. Vegeu Emilio Lledó (2013), *Elogio de la infelicidad*, Barcelona, Cuatro.

62. Buckminster Fuller detestava l'ús viciat de les eines i la utilització perversa d'instruments i sistemes que podríem fer servir per a

bé explica Medea Benjamin,⁶⁶ del biaix d'automatització (Noel Sharkey, vegeu la nota 33), de la dificultat de rendició de comptes (López de Mántaras i Brunet, 2024), o bé directament de l'imperatiu derivat de la dignitat humana de totes les persones⁶⁷ en el cas de les armes autònomes.

Finalment, cal esmentar els missatges i advertiments que ens arriben des de la ciència. Missatges que ens parlen de la possibilitat i necessitat d'una nova geopolítica basada en els veritables reptes que ara mateix tenim, en la necessitat d'actuar des d'una consciència d'espècie humana i en l'exigència de deixar un món endreçat i habitable als nostres besnets. Missatges que recorden el clam al *viviment* de Buckminster Fuller i que, en canvi, són intencionadament silenciats en un món de cobdícia, negocis, destrosses i violència (Brunet, 2023). Advertències que ens mostren que tal vegada és millor no lluitar per les fronteres quan els reptes gegantins que tenim són globals i justament transfronterers. Ho vam veure amb la covid i ho veiem amb el canvi climàtic, la pèrdua de biodiversitat i molts més indicadors. Ens ho van dir 1.700 científics l'any 1992⁶⁸ (Calvo, 2021, cap. 7) i ens ho estan recordant milers de científics, com els 15.372 autors de l'advertiment de l'any 2017 (Calvo, 2021, cap. 7). Són missatges que arriben junt amb propostes científiques rigoroses que ens diuen que encara hi ha esperança, perquè si canviem radicalment i ens basem en nous esquemes geopolítics de cooperació a escala planetària, podrem aconseguir que fins a vuit mil milions de persones tinguin una vida digna.⁶⁹ I la veritat és

que encara ho podem fer, si ens posem a fer noves eines de *viviment* per a la cooperació postviolenta i les usem des de les persones i per a les persones.

Europa té una oportunitat. És la de plantejar un nou marc de convivència basat en una seguretat de pau i, per tant, no militaritzada. Separant-se dels blocs hegemònics actuals que la constrenyen, i proposant una geopolítica humana nova basada en la col·laboració global per a afrontar des de la dignitat humana els grans reptes transfronterers que afronta la humanitat. Unes polítiques de col·laboració i democràcia global que Europa podria construir, promoure i oferir al món.⁷⁰

10. Conclusions

En aquest article hem volgut caracteritzar les principals tecnologies i els sistemes robòtics militars. Després d'una reflexió sobre les noves guerres, hem analitzat els sistemes militars no tripulats i els drons, amb una menció especial als sistemes d'atac a distància per totes les implicacions ètiques i legals que poden i podran tenir. Hem analitzat també els sistemes militars que fan un ús extensiu de les noves tecnologies d'Internet i d'intel·ligència artificial (IA), parlant tant dels ciberatacs i de les ciberguerres com dels problemes que pot comportar l'ús de la IA en sistemes de combat i en les noves armes letals i autònomes.

Després d'una mirada necessària a la situació d'Europa en aquest àmbit, en el darrer apartat hem presentat algunes reflexions ètiques així com alguns advertiments i propostes que ens arriben des de la ciència, tots necessaris des del nostre punt de vista encara que moltes vegades silenciats.

Podem parlar de conclusions tecnològiques, militars, ètiques i geopolítiques. Des de la perspectiva tecnològica, es constata una forta incidència dels desenvolupaments recents en robòtica, comunicacions i IA en l'àmbit militar. També, i en connexió amb la IA, en els mètodes moderns de les ciberguerres i en tots els sistemes de vigilància i reconeixement previs a l'atac. S'ha passat dels sistemes més o menys automàtics de combat controlats des del mateix front als nous sistemes dirigits a gran distància, amb vehicles no tripulats, drons que rondan i eixams de drons. Tot això amb un interès des de l'àmbit militar que podem relacionar, a més dels increments pressupostaris en defensa, amb una reducció clara de baixes militars pròpies i amb sistemes que són atractius econòmicament. De totes maneres, l'escalada dels sistemes d'armes i dels de defensa contra les armes ens està portant a una espiral cada cop més costosa i de futur incert. Val a dir, d'altra banda, que hi ha reticències en l'àmbit militar amb relació a l'ús d'armes autònomes, pel que això pot significar de deixar de banda els circuits actuals de decisió durant els combats.

66. Com indica Medea Benjamin, quan les operacions militars es porten a terme a través del filtre d'una càmera de vídeo llunyana, la possibilitat de contacte visual amb l'enemic desapareix, de manera que la percepció dels danys del possible atac a persones disminueix. Vegeu Medea BENJAMIN (2013), *Drone Warfare: Killing by Remote Control*.

67. António Guterres, secretari general de Nacions Unides (2018): «L'ús de la intel·ligència artificial per a fabricar armes noves és un perill greu. I la perspectiva de tenir màquines que tinguin la capacitat, per si mateixes, de seleccionar i destruir objectius genera unes dificultats enormes per a evitar l'escalada en els conflictes i per a garantir que, als camps de batalla, es garanteixin el dret internacional humanitari i la llei de drets humans. Per mi hi ha un missatge molt clar: les màquines que puguin tenir el poder i la capacitat de matar persones són inacceptables políticament i són repugnants moralment, i el dret internacional les hauria de prohibir». Discurs als actes commemoratius dels cent anys del final de la Primera Guerra Mundial. Disponible a: <https://www.un.org/press/en/2018/sgsm19332.doc.htm>.

68. Fa vint-i-set anys, el novembre de 1992, al voltant de 1.700 científics del món, incloent-hi la majoria dels premis Nobel en ciències vius en aquell moment, van publicar un advertiment a la humanitat. Van dir que les activitats humanes causen danys que sovint són irreversibles per al medi ambient i els recursos crítics, i que moltes de les nostres pràctiques actuals posen en risc greu el futur que volem per a la societat humana i per a la biosfera vegetal i animal. I van dir que l'èxit d'aquest esforç mundial requereix una gran reducció de la violència i la guerra. Els recursos que ara es dediquen a la preparació i la conducció de la guerra, que pugen a més d'un bilió de dòlars anuals, són molt necessaris per a aquestes noves tasques i hauran de ser desviats als nous desafiaments: <https://www.ucsusa.org/sites/default/files/attach/2017/11/World%20Scientists%27%20Warning%20to%20Humanity%201992.pdf>.

69. Treball de Hauke Schlesier, Malte Schäfer i Harald Design (2024): <https://www.empa.ch/web/s604/measuring-the-doughnut>.

70. Vegeu, per exemple, <https://www.elsaltodiario.com/tribuna/europa-puede-debe-promover-paz>.

Pel que fa a conclusions ètiques i geopolítiques, caldria mencionar l'afectació cada cop més gran de la població civil com a víctima d'aquestes noves armes i dels nous mètodes de guerra, l'escalada de la violència tecnològica i de destrucció en detriment de les tecnologies humanes, de construcció i cooperació (armament *versus* *viviment*), l'elevat impacte ecològic tant dels nous sistemes d'armes com de la IA, i la incapacitat dels governants actuals per a dialogar, negociar i arribar a solucions de pau. I és que, com diu Federico Mayor Zaragoza, si volem la pau hem de deixar enrere l'armament per centrar-nos en la paraula.⁷¹ Tot això en un moment en què la ciència ens recorda que els nous reptes planetaris, gegantins i existencials per a tota la humanitat, no entenen de fronteres i que requereixen una nova política de cooperació a escala mundial, política que tal vegada Europa podria promoure.

Referències bibliogràfiques

- BRUNET, P. (2022). «Componentes tecnológicos de la nueva militarización». *Revista Papeles* [en línia], núm. 157 [FUHEM]. <https://www.fuhem.es/papeles_articulo/componentes-tecnologicos-de-la-nueva-militarizacion/> [Consulta: 3 maig 2025].
- (2023). *Ciencia, etica y paz: Historias del valle de los límites*. Madrid: FUHEM, Dossier Ecosocial. <<https://www.fuhem.es/2023/10/20/dossier-ecosocial-ciencia-etica-y-paz/>> [Consulta: 3 maig 2025].
- (2024). «Regulación de la inteligencia artificial». *Revista Papeles* [en línia], núm. 164 [FUHEM], p. 45-54. <<https://www.fuhem.es/2024/01/29/papeles-164-quien-teme-a-la-inteligencia-artificial/>> [Consulta: 3 maig 2025].
- BRUNET, P.; FONT, T.; MOJAL, X.; RODRÍGUEZ, J. (2019). *Noves armes contra l'ètica i les persones: Drons armats i drons autònoms. Informe 39* [en línia]. Barcelona: Centre Delàs d'Estudis per la Pau. <http://arxiu.centredelas.org/images/INFORMES_i_altres_PDF/informe39_DronsArmats_CAT_web_DEF.pdf> [Consulta: 3 maig 2025].
- BRUNET, P.; FONT, T.; RODRÍGUEZ, J. (2021). *Robots Asesinos: 18 preguntas y respuestas* [en línia]. Barcelona: Centre Delàs d'Estudis per la Pau. <https://centredelas.org/wp-content/uploads/2021/12/RobotsAsesinos_18PreguntasYRespuestas_DEF.pdf> [Consulta: 3 maig 2025]. [Vegeu també: <https://centredelas.org/robots-asesinos-18-preguntas-y-respuestas/?lang=es>]
- CALVO, J. (coord.) (2016). *Mentes militarizadas: Cómo nos educan para asumir la guerra y la violencia*. Barcelona: Icaria.
- (2018). *Políticas de seguridad para la paz: Otra seguridad es posible y necesaria*. Barcelona: Icaria.
- CALVO, J. (ed.) (2021). *Military spending and global security*. Londres: Routledge. <<https://doi.org/10.4324/9781003045823>>. [Traduït al castellà: *Gasto militar y seguridad global: perspectivas humanitarias y medioambientales*. Barcelona: Icaria, 2022.]
- LÓPEZ DE MÁNTARAS, R. (2020). «El traje nuevo de la inteligencia artificial». *Investigación y ciencia* [en línia]. <<https://www.investigacionyciencia.es/revistas/investigacion-y-ciencia/una-nueva-era-para-el-alzheimer-803/el-traje-nuevo-de-la-inteligencia-artificial-18746>> [Consulta: 3 maig 2025].
- (2023a). *100 cosas que cal saber sobre intel·ligència artificial*. Barcelona: Cossetània.
- (2023b). «Intel·ligència artificial versus intel·ligència humana». A: *IA: Inteligencia Artificial*, catàleg d'exposició [en línia]. Barcelona: CCCB. <<https://www.cccb.org/es/publicaciones/ficha/ia-inteligencia-artificial/243181>> [Consulta: 3 maig 2025].
- LÓPEZ DE MÁNTARAS, R.; BRUNET, P. (2024). «¿Qué es la inteligencia artificial?». *Revista Papeles* [en línia], núm. 164 [FUHEM], p. 1-9. <<https://www.fuhem.es/2024/01/29/papeles-164-quien-teme-a-la-inteligencia-artificial/>> [Consulta: 3 maig 2025].
- PARETO BOADA, J.; ROMÁN, B.; TORRAS, C. (2021). «The ethical issues of social assistive robotics: A critical literature review». *Technology in Society* [en línia], vol. 67. <<https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2021.101726>>.
- TORRAS, C. (2016). «Service robots for citizens of the future». *European Review* [en línia], vol. 24 (1). <<https://www.cambridge.org/core/journals/european-review/article/abs/service-robots-for-citizens-of-the-future/4039C251E1F64861BAE33453FF1888AB>> [Consulta: 3 maig 2025].

71. Federico Mayor Zaragoza proposa deixar enrere el lema romà «*Si vis pacem, para bellum*» i adoptar en canvi el «*Si vis pacem, para verbum*». Perquè la pau, diu, es prepara amb la paraula i no amb la guerra i les seves polítiques i tecnologies. Vegeu, per exemple: <https://www.europapress.es/murcia/noticia-mayor-zaragoza-recuerda-apuesta-palabra-no-enfrentamiento-20160308100009.html>.

DEL KAIZEN A LA MILLORA CONTÍNUA: SOBRE L'ADOPCIÓ DE TERMES DE LA INDÚSTRIA JAPONESA DE L'AUTOMOCIÓ I LA FIXACIÓ DE PROPOSTES DENOMINATIVES EN CATALÀ

Elisabet Llopart Saumell

TERMCAT, Centre de Terminologia (Barcelona, Espanya). ellopart@termcat.cat

Joan Rebagliato Nadal

TERMCAT, Centre de Terminologia (Barcelona, Espanya). jrebagliato@termcat.cat

Anna Llobet Solé

TERMCAT, Centre de Terminologia (Barcelona, Espanya). allobet@termcat.cat

Resum: Les innovacions que l'empresa Toyota ha aportat a la indústria automobilística ens han deixat una sèrie de tècniques i pràctiques que encara avui es continuen utilitzant per a la gestió dels processos de producció i, sobretot, de la cadena de producció. L'origen d'aquestes tècniques al Japó explica que ens arribessin, acompanyant-les, les denominacions japoneses corresponents (*andon*, *jidoka*, *kaizen*, *poka-yoke*...), que sovint són simplement paraules comunes en la llengua d'origen. L'objectiu d'aquest article és respondre a la pregunta sobre si és preferible mantenir aquestes formes en la llengua original, buscar denominacions catalanes que ens permetin fer-hi referència o anar combinant aquestes solucions segons el cas. Per fer-ho, descrivim els principis i criteris aplicats pel Consell Supervisor del TERMCAT per fixar les propostes denominatives per a un conjunt de termes relacionats amb el sistema de producció de Toyota i pertanyents a l'àrea de cadena de subministrament.

Paraules clau: toyotisme, terminologia, TERMCAT, normalització, manlleu, indústria automobilística.

FROM KAIZEN TO CONTINUAL IMPROVEMENT: ON THE ADOPTION OF TERMS FROM THE JAPANESE CAR INDUSTRY AND THE FIXATION OF CATALAN DENOMINATIVE PROPOSALS

Abstract: The innovations contributed by Toyota Motor Company to the car industry involved a set of techniques and practices that are still used to manage production processes today, especially on the production line. Since these techniques were originally from Japan, the names they received came from the Japanese (*andon*, *jidoka*, *kaizen*, *poka-yoke*...), a language in which they were mostly common words. The aim of this paper is to answer the question as to whether it is better to keep these concepts in their original language, to look for Catalan designations, or to combine both solutions depending on the case. To do that, we describe the principles and criteria applied by the TERMCAT Supervising Council to fix the denominative proposals for a set of terms related to Toyota's production system that belong to the supply chain domain.

Keywords: Toyotism, terminology, TERMCAT, standardization, loanword, car industry.

1. Introducció als termes importats del toyotisme

A partir de la segona meitat del segle xx, l'empresa automobilística Toyota va establir una nova gestió dels seus processos de producció per a recuperar-se de la devastació econòmica de la Segona Guerra Mundial; l'èxit empresarial d'aquesta nova gestió va ser tan considerable que moltes de les seves tècniques i pràctiques es van anar incorporant durant els anys vuitanta i noranta en empreses d'arreu del món i de sectors diversos. Avui, en ple segle xxi, algunes d'aquestes tècniques es continuen utilitzant en diferents sistemes de producció, fins i tot en àmbits molt allunyats del sector de l'automoció del qual procedien.

L'origen de totes aquestes tècniques al Japó explica que també ens arribessin, acompanyant-les, les denominacions japoneses corresponents (*andon*, *kaizen*, *jidoka*, *poka-yoke*...), tal com succeeix sovint quan apareix un concepte nou, ja que les denominacions per a fer-hi referència acostumen a crear-se en «la llengua pròpia de la societat en què s'han originat les nocions que designen (llengua de partida) i d'aquí s'exporten a la resta de llengües (llengües d'arribada) directament o per mitjà d'una altra llengua que fa d'intermediària (llengua vehicular)» (TERMCAT, 2005, p. 11). I, tal com passa també amb certa freqüència en casos similars, moltes d'aquestes formes lingüístiques fora del seu país van servir per a identificar els conceptes amb precisió, mentre que al país d'origen eren simples paraules comunes. És a dir que *andon* (literalment 'llum') o

kaizen ('millora') tenien un significat únic per als països que adoptaven aquestes tècniques però no al Japó, on s'havien creat.

Val la pena tenir en compte que, en contra del que es podria pensar, la denominació que finalment prengui un concepte no és un aspecte menor, ja que en tota comunicació especialitzada el coneixement es vehicula mitjançant l'ús d'unes formes que serveixen per a designar els diferents conceptes; no es pot vehicular correctament el coneixement si no hi ha un consens sobre les formes utilitzades. Dintre d'aquestes formes denominatives, anomenades *unitats de coneixement especialitzat* o UCE (Cabrè, 1992), es poden distingir dos casos diferents: d'una banda, les unitats de llenguatge artificial, codificades pels especialistes en la matèria i amb un caràcter invariable i internacional (per exemple, el símbol C per *carbón*,¹ la fórmula H₂O per *aigua*² o el nom científic *Passer domesticus* com a identificador del pardal comú);³ de l'altra, les unitats lingüístiques pròpies del llenguatge natural, entre les quals es troben els termes o unitats terminològiques.

Els casos que estudiem en aquest treball formen part, per tant, de les unitats terminològiques (pertanyen al llenguatge natural i no a convencions establertes), de manera que és possible intervenir-hi en una direcció o altra en la incorporació a les altres llengües. És per aquest motiu que ens podem plantejar, en el cas del català, si és preferible mantenir aquestes formes en japonès o buscar unes denominacions catalanes que ens permetin descriure-les. I, complementàriament, si és necessari optar sempre per una sola d'aquestes dues vies o si és millor anar-les combinant —i, en aquest últim cas, sota quins criteris.

L'objectiu de l'article és respondre aquest dilema estudiant les propostes denominatives que el Consell Supervisor del TERMCAT ha fixat per a un conjunt d'onze termes vinculats al sistema de producció de Toyota procedents de la revisió i actualització del *Diccionari d'economia i gestió* (Mateu Martínez, 2001).⁴ Evidentment, aquestes propostes s'han fet

amb l'assessorament d'especialistes del sector, que assegurassin la perfecta delimitació del concepte però també la viabilitat i la precisió de la forma proposada en català. Perquè és indispensable que els noms escollits (siguin japonesos o catalans) remetin amb precisió a les tècniques que van néixer del toyotisme i que encara ara són vigents.

2. La normalització terminològica: què és i per què és necessària?

Com que les tècniques introduïdes pel toyotisme feien referència a conceptes nous i innovadors que encara no existien en la resta de països i que, per tant, d'entrada encara no comptaven amb una denominació per a fer-hi referència, en general, aquests termes van arribar a altres llengües mitjançant l'ús d'un manlleu, és a dir, en la forma pròpia de la llengua de partida (el japonès) o, en alguns casos, de la llengua vehicular (l'anglès). En aquest sentit, s'observa que les denominacions d'origen forà solen ser les preferides pels parlants, els quals els atribueixen unes connotacions d'innovació, precisió semàntica, economia lingüística, etc., que no perceben, subjectivament, en les alternatives en la llengua pròpia (TERMCAT, 2005).

Tanmateix, l'entrada indiscriminada de manlleus en una llengua comporta el risc de desvirtuar-ne la identitat, perquè pot acabar comportant que una llengua no creï més formes noves, sinó que es limiti a agafar-les ja fetes d'una altra llengua. És per això que és desitjable una certa regulació d'aquest fenomen per a garantir l'encaix de les noves denominacions en el sistema lingüístic i en l'àrea d'especialitat de la llengua receptora i per a reforçar la concepció de la llengua pròpia com a recurs apte per a qualsevol ús (TERMCAT, 2005, p. 23). A la vegada, però, cal vetllar perquè els equivalents genuïns siguin acceptables pels usuaris i eficaços des d'un punt de vista comunicatiu. L'assoliment d'aquest equilibri és especialment important en el cas del català, que no té un ús encara prou consolidat en tots els àmbits (Colomer, Fargas i Montes, 2006).

La normalització terminològica és el procés de fixació i difusió de les denominacions catalanes que es consideren més adequades per a designar els nous conceptes d'especialitat, especialment les que presenten alguna complexitat de tipus lingüístic (manlleus d'altres llengües, calcs poc adequats, denominacions poc fixades o dubtoses, etc.), i dels criteris generals aplicables a la creació de nous termes. Com s'il·lustra en la figura 1, aquest procés té com a objectiu reduir la variació denominativa dels termes, assegurar que siguin adequats des del punt de vista lingüístic i comunicatiu, facilitar la precisió en els intercanvis d'informació i generalitzar l'ús de formes pròpies sempre que sigui viable d'acord amb els principis expressats.

Davant d'una forma manllevada, els criteris que se solen seguir per a estudiar-ne la incorporació a la llengua receptora són els següents (TERMCAT, 2005, p. 10-11):

— Es prioritzen les alternatives pròpies; sempre que és possible s'opta per una alternativa catalana.

1. TERMCAT, CENTRE DE TERMINOLOGIA (2009), *Lèxic multilingüe de la indústria* (en línia), Barcelona, TERMCAT, Centre de Terminologia, col·l. «Diccionaris en Línia», <http://www.termcat.cat/ca/Diccionaris_En_Linia/22/> (consulta: 22 juliol 2024).

2. UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA, TERMCAT, CENTRE DE TERMINOLOGIA I ENCICLOPÈDIA CATALANA (2016-2023), *Diccionari de química* (en línia), Barcelona, TERMCAT, Centre de Terminologia, col·l. «Diccionaris en Línia», «Ciència i Tecnologia», <<http://www.termcat.cat/ca/diccionaris-en-linia/212>> (consulta: 22 juliol 2024).

3. FUNDACIÓ BARCELONA ZOO; INSTITUT CATALÀ D'ORNITOLOGIA; TERMCAT, CENTRE DE TERMINOLOGIA (2017-2023), *Diccionari dels ocells del món* (en línia), Barcelona, TERMCAT, Centre de Terminologia, col·l. «Diccionaris en Línia», <<https://www.termcat.cat/ca/diccionaris-en-linia/233>> (consulta: 22 juliol 2024).

4. Els primers resultats d'aquest procés es poden consultar en la publicació parcial en línia del diccionari, que conté les àrees temàtiques dedicades a cadena de subministrament, producte i gestió comercial: TERMCAT, CENTRE DE TERMINOLOGIA, UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA, ENCICLOPÈDIA CATALANA (2025), *Diccionari d'economia i gestió* (en línia), Barcelona, TERMCAT, Centre de Terminologia, col·l. «Diccionaris en Línia», <<https://www.termcat.cat/ca/diccionaris-en-linia/339>> (consulta: 22 juliol 2024).

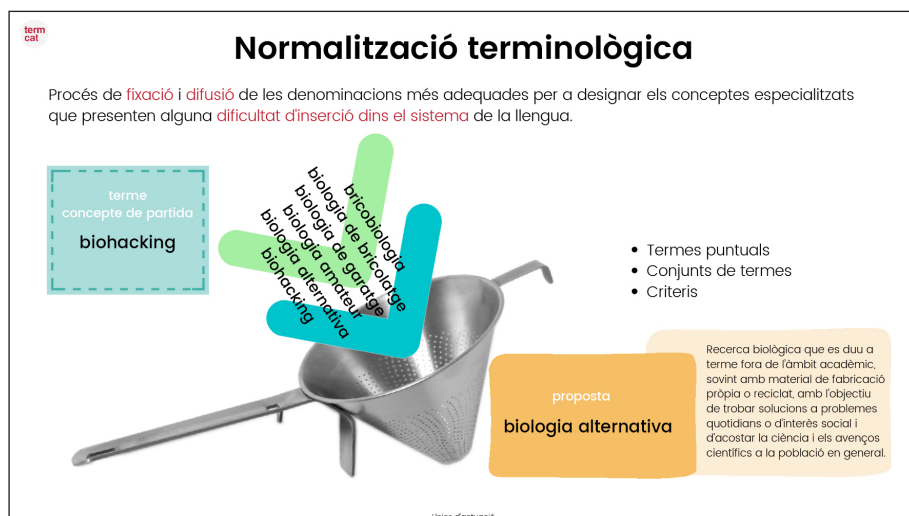


FIGURA 1. Procés de normalització terminològica.
FONT: TERMCAT.

— Quan l'alternativa genuïna no és viable, es pot optar per introduir una traducció literal del manlleu (un calc) o per incorporar el manlleu adaptant-lo a les normes fonètiques i ortogràfiques de la llengua d'arribada.

— Si l'adaptació no és pertinent, s'incorpora el manlleu mantenint la forma que té en la llengua de procedència.

En la tria de l'estratègia més adequada, es tenen en compte les normes internacionals pròpies de cada camp d'especialitat, les tendències terminològiques de cada àrea (per exemple, les llengües de més influència) i el consens entre els professionals usuaris del terme per a garantir l'acceptació social i l'ús de la forma fixada (vegeu la figura 2).

L'òrgan responsable de les decisions de normalització per a la llengua catalana és el Consell Supervisor del TERMCAT, un òrgan permanent i col·legiat que, com es mostra en la figura 3, està format per membres de l'Institut d'Estudis Catalans (IEC) i del TERMCAT, i experts designats conjuntament per aquestes dues institucions. També inclou assessors geolingüístics (actualment, tres) vinculats a la Secció Filològica de l'IEC per a assegurar que en les denominacions fixades s'hi veuen representades les di-

ferents varietats dialectals de la llengua catalana. En les decisions de normalització del Consell Supervisor hi participen altres experts dels àmbits a què pertanyen els termes i altres organismes relacionats amb la terminologia, atès que la normalització és un procés basat en la col·laboració i el consens de diferents agents.

En l'apartat següent analitzarem els criteris lingüístics, terminològics i sociolingüístics que ha seguit el Consell Supervisor del TERMCAT per a establir les denominacions en català d'un conjunt de manlleus del japonès que designen conceptes de la gestió de la cadena de subministrament amb origen en el toyotisme.

3. Presentació i argumentació de les propostes

Una vegada els onze termes d'aquest treball han estat estudiats amb deteniment pels diferents membres del Consell Supervisor del TERMCAT i s'ha arribat a un consens, podem difondre les denominacions que s'han establert en cada cas i explicar, en línies generals, els criteris que han

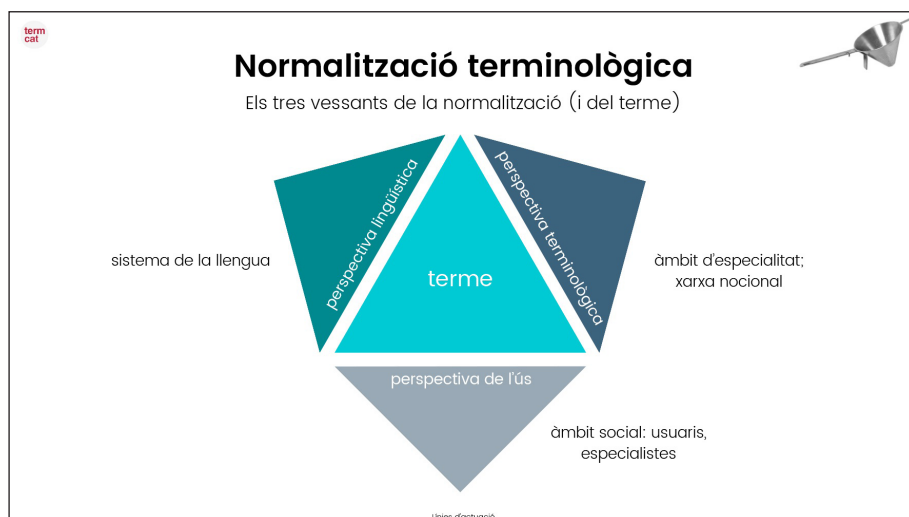
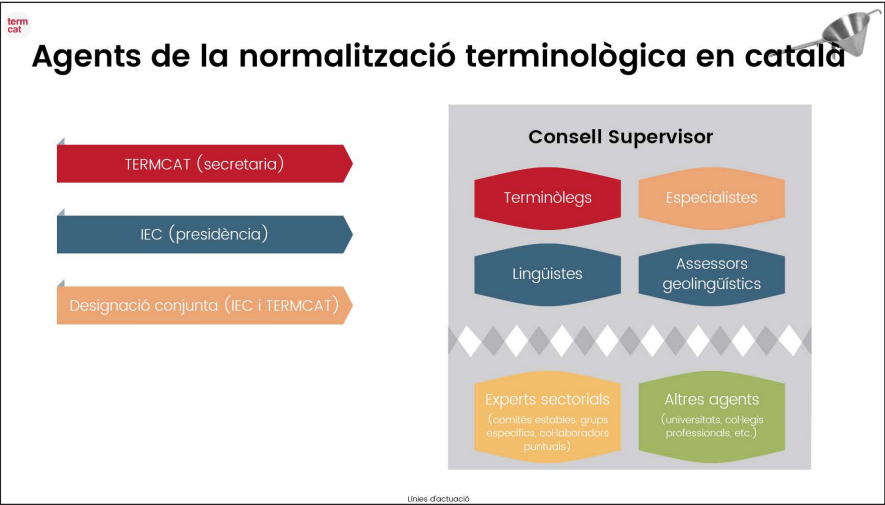


FIGURA 2. Els criteris aplicats en la normalització terminològica.
FONT: TERMCAT.

FIGURA 3. Membres del Consell Supervisor del TERMCAT.
FONT: TERMCAT.



motivats la tria lèxica. En la taula 1 classifiquem els termes analitzats en tres categories segons la solució adoptada, és a dir, segons si s'ha optat per una alternativa catalana, una forma híbrida o bé pel manlleu del japonès.

TAULA 1
Termes normalitzats

Tipus d'equivalència	Forma normalitzada	Manlleu objecte d'estudi
Denominació catalana	anivellament de la producció	<i>heijunka</i>
	autonomació	<i>jidoka</i>
	millora contínua	<i>kaizen</i>
	participació creativa	<i>soikufu</i>
	ronda	<i>gemba walk</i>
	sistema antierror	<i>poka-yoke</i>
Adopció del manlleu	kanban	<i>kanban</i>
Forma híbrida	kanban de producció	<i>production kanban</i>
	kanban de transport	<i>conveyance kanban</i>
	sistema andon	<i>andon</i>
	sistema kanban	<i>kanban</i>

FONT: Elaboració pròpia.

Com podem observar en la taula 1, hi ha sis termes per als quals s'ha normalitzat una denominació en llengua catalana. Es tracta de *anivellament de la producció* ('heijunka'), *autonomació* ('jidoka'), *millora contínua* ('kaizen'), *participació creativa* ('soikufu'), *ronda* ('gemba walk') i *sistema antierror* ('poka-yoke'). En un cas, s'ha optat per mantenir el manlleu del japonès. Es tracta del terme *kanban*. Finalment, per als quatre casos restants, s'ha considerat que la denominació més adequada és una forma híbrida en què un mot del japonès es combina amb un mot en català, com s'observa a *kanban de producció* ('production kanban'), *kanban de transport* ('conveyance kanban'), *sistema andon* ('andon') i *sistema kanban* ('kanban').

A partir d'aquesta classificació, expliquem amb més detall els criteris que s'han aplicat.

3.1. Fixació d'una denominació catalana

D'acord amb els criteris anteriors, per a sis dels onze termes estudiats, després de valorar l'ús del manlleu, s'ha proposat una alternativa catalana respecte del terme original en japonès. Es tracta dels termes recollits en la taula 2, per als quals mostrem en cursiva la denominació fixada, entre parèntesis el manlleu original del japonès, a sota, la definició i, si escau, al final, una o més notes amb observacions diverses:

TAULA 2
Termes per als quals s'ha fixat una denominació catalana

anivellament de la producció ('heijunka') Tècnica de producció ajustada consistent a mantenir estable el volum de producció i a fabricar, d'acord amb la demanda, petits lots dels diferents models de producte durant un període de temps determinat, a fi de respondre millor a les necessitats dels clients i optimitzar el repartiment de tasques i l'ús de recursos.
autonomació ('jidoka') Sistema de funció propi de la producció ajustada consistent a incorporar en el procés de fabricació dispositius intel·ligents que permeten detectar errors i aturar la producció en cas d'incident, ja sigui de manera totalment automàtica o bé amb la intervenció d'operaris. Nota: 1. L'autonomació se centra a resoldre els problemes en origen, quan es produeixen, per a evitar que es tornin a produir. Es distingeix del sistema antierror, en què es busca eliminar els problemes abans que es produeixin. 2. L'autonomació inclou, generalment, la incorporació de sensors i sistemes d'alerta.
millora contínua ('kaizen') Principi de gestió propi de la producció ajustada consistent a anar introduint gradualment canvis en els processos, els productes o els serveis, amb la participació estreta del personal de l'organització i d'altres parts interessades, a fi que siguin cada cop millors, de manera que augmenti l'eficiència, la qualitat i el rendiment general de l'organització. Nota: Cadascun dels canvis introduïts en la millora contínua és una millora puntual.

TAULA 2
Termes per als quals s'ha fixat una denominació catalana (Continuació)

participació creativa ('soikufu') Mètode de millora propi de la producció ajustada consistent a promoure la creativitat i la innovació entre els treballadors amb l'objectiu de trobar solucions reals per a determinats problemes del dia a dia, millorar l'eficiència i la qualitat dels processos i augmentar el grau d'integració i motivació del personal. Nota: La participació creativa es promou fonamentalment mitjançant la formació, l'organització i la motivació dels treballadors per a participar en els cercles de qualitat.
ronda ('gemba walk') Pràctica pròpia de la producció ajustada consistent en la visita no programada dels directius d'una empresa al lloc de treball, a fi d'observar com es desenvolupen els diferents processos, intercanviar impressions amb els treballadors i identificar possibles oportunitats de millora de l'eficiència.
sistema antierror ('poka-yoke') Sistema de funcionament propi de la producció ajustada consistent a implantar en el procés de fabricació dispositius o mecanismes dissenyats específicament per a evitar que es produeixin errors. Nota: 1. El sistema antierror se centra a eliminar defectes potencials abans que es produeixin. Es distingeix de l'autonomació pel fet que s'actua quan es detecta el problema. 2. El sistema antierror pot incloure l'ús de senyals que garanteixen el funcionament adequat del procés o de dispositius i mecanismes de disseny intuïtiu que impedeixen físicament que l'error es produeixi.

FONT: Elaboració pròpia.

En gairebé tots aquests casos, la denominació catalana es documenta en textos especialitzats en català de l'àmbit de cadena de subministrament. Concretament, es tracta del cas de *anivellament de la producció* per 'heijunka',⁵ *autonomació* per 'jidoka',⁶ *millora contínua* per 'kaizen'⁷ i *sistema antierror* per 'poka-yoke'.⁸ Així doncs, podem afirmar que tenen el vistiplau dels professionals del sector per a designar amb precisió els mateixos conceptes que les formes originals en japonès. A més, des del punt de vista terminològic, en altres llengües també s'usen formes anàlogues a les denominacions proposades i, per tant, es confirma que segueixen les tendències terminològiques de les llengües de més influència, tant de l'anglès, com del francès i del castellà.

5. P. BERTANS COSTA (2016), *Logística d'aprovisionament* (en línia), Barcelona, Institut Obert de Catalunya, col·l. «CFGS - Gestió de vendes i espais comercials», col·l. «CFGS - Transport i logística», <https://ioc.xtec.cat/materials/FP/Recursos/fp_vec_m05_/web/fp_vec_m05_/htmlindex/index.html> (consulta: 5 novembre 2024).

6. L. CASADO ESQUIUS (s. d.), *Qualitat en els equips de treball: mecanismes de millora contínua* (en línia), Barcelona, Diputació de Barcelona, <https://repositori-dsf.diba.cat/public_resources/wiki_prod/manuals_basics/084OETMMC/index.html> (consulta: 5 novembre 2024).

7. «Tecnical i SMC apleguen una vuitantena de persones al Kur-saal per explicar l'autonomació», *Regió 7* (2018) (en línia), <<https://www.regio7.cat/economia/2018/05/03/tecnical-i-smc-apleguen-vuitantena-50205633.html>> (consulta: 5 novembre 2024).

8. C. BRAU GONZÁLEZ (2007), *Estudi de l'etapa d'envasat a la fabricació de productes alimentaris deshidratats*, treball de fi de carrera (en línia), Barcelona, Universitat Politècnica de Catalunya, <<https://upcommons.upc.edu/handle/2099.1/4441>> (consulta: 5 novembre 2024).

Finalment, d'acord amb els criteris lingüístics, les formes proposades es consideren pertinents i correctes en català, en detriment, per exemple, de *millora continuada* per 'kaizen', que no és tan freqüent com *millora contínua*, o *automació amb toc humà* respecte de *autonomació* ('jidoka'), perquè la forma es considera massa llarga.

En canvi, en el cas de *participació creativa* per 'soikufu' i *ronda* per 'gemba walk', les denominacions aprovades són formes neològiques, és a dir, no documentades en l'ús. El tret que tenen en comú aquests dos termes és que el manlleu presenta poca difusió, tant en llengua catalana com en d'altres, com el castellà o l'anglès. En els casos en què un manlleu té poca presència en la llengua d'arribada perquè no està implantat en l'ús, fixar una alternativa catalana que tingui l'aval dels especialistes, com passa amb *participació creativa* i *ronda*, es considera una solució més adient.

3.2. Establiment del manlleu del japonès

Aquest segon grup, recollit en la taula 3, corresponent al manlleu que s'adopta directament del japonès, és el menys nombrós, amb una unitat:

TAULA 3
Terme per al qual s'ha fixat una denominació manllevada

kanban ('kanban') Identificador visual en format físic o electrònic, tradicionalment en forma de targeta, utilitzat en el sistema kanban per a transmetre informació dins d'una estació de treball o entre estacions de treball diferents, a fi d'optimitzar el flux de treball.

FONT: Elaboració pròpia.

Quan el manlleu és la forma utilitzada habitualment per a designar el concepte i no es documenten alternatives en la llengua d'arribada, com passa amb *kanban*, que està molt implantat, es valora mantenir l'ús del manlleu. A aquests arguments cal sumar-hi que té el vistiplau dels especialistes consultats i que en altres llengües també s'utilitza àmpliament la forma manllevada.

3.3. Acceptació d'una forma híbrida, en català i japonès

En aquest darrer conjunt agrupem aquells termes en què s'ha optat per formes híbrides. Es tracta dels cinc casos següents, recollits en la taula 4:

TAULA 4
Termes per als quals s'ha fixat una denominació híbrida

kanban de producció ('production kanban') Kanban utilitzat dins una estació de treball determinada que conté indicacions sobre el producte que cal fabricar. Nota: El kanban de producció indica, per exemple, el punt de recollida dels components, la quantitat de producte que els operaris de l'estació han de fabricar, la data límit de fabricació, el punt d'emmagatzematge, etc.

TAULA 4

Termes per als quals s'ha fixat una denominació híbrida (Continuació)

kanban de transport ('conveyance kanban') Kanban que una estació de treball envia a l'estació de treball precedent amb indicacions sobre el producte que aquesta estació li ha d'enviar. Nota: El kanban de transport indica, per exemple, la quantitat de producte que s'ha d'enviar.
sistema andon ('andon') Sistema de control d'una cadena de producció, originari de les empreses japoneses de l'automòbil i de la producció just a temps, consistent en l'ús de senyals lluminosos de colors diferents, combinats de vegades amb senyals acústics o textuals, per a notificar l'estat i les incidències de la cadena. Nota: 1. Els senyals lluminosos poden indicar, segons el cas i el color, el funcionament normal de la cadena, una aturada per avaria, la manca de material en un punt determinat, etc. 2. La forma <i>andon</i> prové del japonès, llengua en què designa un tipus de llum tradicional i, per especialització, aquest sistema de control de la cadena de producció.
sistema kanban ('kanban') Mètode de control i transmissió d'informació propi del sistema de producció just a temps consistent en la utilització d'uns identificadors visuals, tradicionalment en forma de targeta, amb requisits i especificacions diverses, els quals ajuden a optimitzar el flux de treball. Nota: 1. Els identificadors utilitzats en el sistema kanban poden ser en format físic o electrònic i les especificacions que contenen poden fer referència, segons el cas, a l'origen i la destinació de les peces, la quantitat que se'n requereix, el moment en què s'han de moure, el punt on s'han de moure, etc. 2. Els identificadors visuals utilitzats en aquest mètode s'anomenen <i>kanban</i> (del japonès <i>kanban</i>, que significa 'rètol' o 'etiqueta').

FONT: Elaboració pròpia.

En aquest darrer grup, dos dels quatre termes ens arriben a través de l'anglès. De fet, l'anglès ha deixat empremta en aquestes denominacions, ja que en cada cas hi ha un mot en anglès que n'acompanya un de japonès, com veiem a *conveyance kanban* i *production kanban*. En aquests casos, s'ha optat per proposar una forma catalana per al mot en anglès (*transport* per 'conveyance' i *producció* per 'production') i, en canvi, mantenir el mot en japonès, perquè es tracta d'un terme ja normalitzat (vegeu el punt anterior) per al qual s'ha decidit mantenir la forma en la llengua original. De fet, en el cas de *kanban de transport* i *kanban de producció*, les dues denominacions es documentaven en textos especialitzats de l'àmbit de la indústria en llengua catalana.

Els altres dos casos, *kanban* i *andon*, presenten algunes altres particularitats. Pel que fa a *kanban*, a més d'utilitzar-se en el sentit de 'targeta' o 'etiqueta' en què s'anota informació, fa referència a un sistema per a controlar i transmetre informació que utilitza aquest tipus d'identificador visual. Per aquest motiu, amb l'adjunció del mot *sistema* al terme japonès *kanban* es pot indicar de manera precisa quin concepte estem designant, si es tracta del sistema o bé de l'objecte. Un cas similar és el de *andon*, perquè amb l'ús d'aquesta forma es fa referència al sistema de control

de la cadena de producció en què s'utilitzen senyals lluminosos per a comunicar-ne l'estat. Amb l'objectiu de precisar que no es designa únicament aquest senyal lluminós sinó el sistema, en general, s'opta per adjuntar-hi també el mot *sistema*. A més, en tots dos casos les formes *sistema kanban* i *sistema andon* es documentaven en textos de l'àmbit en català i tenien l'aval dels especialistes del sector.

4. Conclusions

En aquest article s'han explicat els principis i criteris que regeixen la normalització terminològica d'un conjunt de termes del japonès. En concret, es tracta de termes emprats en l'àmbit de la gestió i l'organització de la producció que van néixer arran de les innovacions aplicades per l'empresa Toyota a la indústria de l'automoció. D'acord amb els dotze termes estudiats, hem pogut comprovar que no hi ha una solució única i sistemàtica a l'hora de valorar si en l'adaptació d'aquests manlleus del japonès al català és preferible mantenir la forma original, proposar una denominació catalana que ens permeti descriure el concepte que designa o bé optar per una forma híbrida. En aquest sentit, per a la meitat dels casos s'ha optat per una alternativa catalana, perquè ja es documentava en l'ús i, a més, en la resta de llengües també es registrava una forma paral·lela, o bé perquè el manlleu del japonès estava molt poc implantat i, per tant, era oportú proposar-ne una alternativa. Per a un dels termes, en canvi, s'ha mantingut el manlleu del japonès, ja que es tractava d'una forma molt arrelada i de caire internacional. En la resta de casos, el manlleu del japonès s'ha combinat amb una forma catalana perquè el mot en català especificava algun tret rellevant del concepte designat i, per tant, la forma resultant era més transparent. En definitiva, com hem vist, la denominació que es proposa per a cada terme cal que segueixi uns criteris lingüístics adequats al sistema lingüístic del català; ha de respectar, també, els criteris terminològics, perquè s'ha de poder identificar el concepte sense ambigüitats; finalment, cal tenir ben present el criteri sociolingüístic, estretament relacionat amb l'ús, de manera que la forma adoptada compati amb l'aval dels especialistes.

Agraïments

Per a l'elaboració d'aquest treball, ens agradaria agrair la contribució dels companys del TERMCAT i dels especialistes i lingüistes que hi han col·laborat. En primer lloc, Maria Navas i Glòria Fontova, coordinadores de la revisió del *Diccionari d'economia i gestió*, per introduir-nos en aquesta obra i per assessorar-nos en tot de qüestions que han anat sorgint. A continuació, Henar Velázquez, per la revisió de la part gràfica de l'article. També voldríem donar les gràcies a la secretària del Consell Supervisor, Dolors Montes, per la revisió i millora dels dossiers de normalització dels termes estudiats, i la preparació de l'argumentació per a cada un

dels casos. Agraïment que també fem extensiu a la resta de membres del Consell Supervisor. Finalment, la normalització terminològica no seria possible sense la col·laboració inestimable dels especialistes. Per aquest motiu, aquest darrer reconeixement va dirigit al coordinador científic de l'obra en què s'insereix aquesta tasca, Albert Corominas, i a la responsable de l'àrea temàtica de cadena de subministrament, Amaia Lusa, per compartir amb paciència i molta cura el coneixement sobre la matèria.

Bibliografia

- CABRÉ, M. T. (1992). *La terminologia: La teoria, els mètodes, les aplicacions*. Barcelona: Empúries.
- COLOMER, R.; FARGAS, X.; MONTES, D. (2006). «Noves perspectives sobre els manlleus». *Estudis Romànics* [en línia], vol. 28, p. 151-177. <<https://publicacions.iec.cat/repository/pdf/00000016/00000078.pdf>> [Consulta: 24 octubre 2024].
- MATEU MARTÍNEZ, R. (2001). *Diccionari d'economia i gestió*. Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya: Enciclopèdia Catalana. (Diccionaris de l'Enciclopèdia. Ciència i Tecnologia)
- TERMCAT, CENTRE DE TERMINOLOGIA (2005). *Manlleus i calcs lingüístics en terminologia* [en línia]. Vic: Eumo; Barcelona: TERMCAT, Centre de Terminologia. <<https://arxiu.termcat.cat/criteris/manlleus-calcs.pdf>> [Consulta: 19 juliol 2024].
- (2006). *Recerca terminològica: El dossier de normalització* [en línia]. Vic: Eumo; Barcelona: TERMCAT, Centre de Terminologia. <<https://arxiu.termcat.cat/enprimerterme/recerca-terminologica-el-dossier-de-normalitzacio.pdf>> [Consulta: 19 juliol 2024].
- TERMCAT, CENTRE DE TERMINOLOGIA; DEPARTAMENT DE TREBALL, AFERS SOCIALS I FAMÍLIES (2019). *Diccionari de la negociació col·lectiva* [en línia]. 2a ed. Barcelona: TERMCAT, Centre de Terminologia. (Diccionaris en Línia) <http://www.termcat.cat/ca/Diccionaris_En_Linia/5/> [Consulta: 8 octubre 2024].

L'EXACTITUD DELS EQUIPS DE MESURA

Maite Pueyo Vigatà

Secció Catalana de Metrologia de l'Institut d'Estudis Catalans (IEC). maite.pueyo@gmail.com

Resum: Quan volem saber quina és l'exactitud del nostre equip de mesura acostumem a buscar informació en el manual de l'equip, en el qual habitualment es mostren les especificacions tècniques. Aquesta recerca en molts casos pot ser complicada a causa de la diferent terminologia que es fa servir, i també de les diferents maneres d'expressar la quantitat numèrica associada a l'exactitud. En aquest article es revisa el concepte d'*exactitud*, així com altres conceptes que es fan servir en el seu lloc. També es presenten exemples sobre la millor manera d'expressar l'exactitud d'un equip de mesura.

Paraules clau: exactitud, veracitat, precisió, error, instrument de mesura.

THE ACCURACY OF MEASUREMENT EQUIPMENT

Abstract: In order to find out how accurate our measuring equipment is, we usually look for information in the equipment's manual, which most often sets out the technical specifications. This search can be complicated in many cases due to the different terminology used, as well as the different ways of expressing the associated numerical quantities with accuracy. In this article the concept of *accuracy* is reviewed as well as other concepts that are used in its place. We will also consider examples of the best way to express the accuracy of a measuring instrument.

Keywords: accuracy, trueness, precision, error, measuring instrument.

1. Introducció

La incertesa de mesura és el paràmetre que ens indica la qualitat d'un resultat de mesura. Es determina a partir de l'avaluació de la influència de les diferents variables o fonts d'error que entren en joc quan es fa el mesurament. Una d'aquestes variables o un dels factors que influeix en la incertesa de mesura és l'equip de mesura emprat. Tots tenim clar que no és el mateix mesurar «a pams» que fer-ho amb una cinta mètrica. Per tant, abans de fer un mesurament, hem de saber quina és la incertesa acceptable per al resultat de mesura, per tal d'escollir l'instrument de mesura més adequat. I com determinem que és adequat? Doncs a través de la seva exactitud.

L'exactitud d'un equip de mesura és una característica que habitualment proporciona el fabricant de l'equip. El problema és que, de vegades, aquesta informació està «disfressada» per altres denominacions. Per tant, és imprescindible tenir un coneixement clar sobre què és l'exactitud i quins altres termes hi estan relacionats. D'aquesta manera, la recerca d'aquesta informació podrà acabar amb èxit.

A continuació, es procedeix a presentar tota la terminologia relacionada amb l'exactitud.

2. Terminologia

Per entendre bé el concepte d'*exactitud* i d'altres termes relacionats primer és necessari presentar el terme *error*. Segons el Vocabulari internacional de metrologia (en endavant VIM), que es pot consultar en línia (ACCLC, 2015), en el punt 2.16, l'*error de mesura* és la «diferència entre el valor mesurat d'una magnitud i el valor de referència d'una magnitud». Aquest valor de referència pot ser donat per un patró, un mètode de mesura de referència o un material de referència certificat.

L'error es descompon en un error sistemàtic, ΔX , i un error aleatori, δX .

Matemàticament, podem presentar aquests dos errors amb l'expressió següent:

$$E = \Delta X + \delta X$$

I es pot representar gràficament, de manera aproximada, segons es veu en la figura 1:

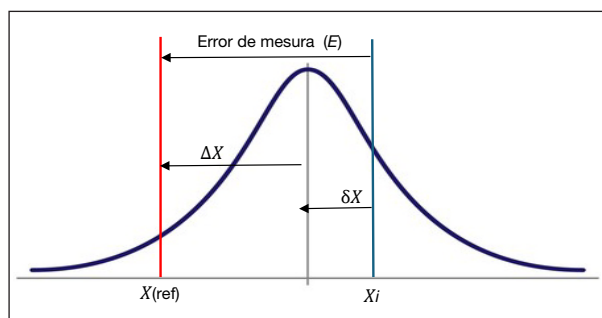


FIGURA 1. Representació gràfica de l'error, amb les seves components: sistemàtic i aleatori.

FONT: Elaboració pròpia.

A continuació, es presenta una explicació més detallada de cada concepte.

2.1. Error sistemàtic

L'*error sistemàtic*, definit en el punt 2.17 del VIM, és la «component de l'error de mesura que, en mesuraments repetits, roman constant o varia de forma previsible». En altres paraules, l'error sistemàtic és el responsable que el valor tingui un biaix, que pot ser positiu o negatiu. Aquest biaix es manté invariable si l'únic que fem és repetir el mesurament.

Posem-ne un exemple: a casa tenim una bàscula on habitualment ens pesem. Si la nostra bàscula té un error de +5 kg, vol dir que el pes que mostra en el visualitzador està esbiaixat respecte al valor real en +5 kg. Així, si, per exemple, veiem 65 kg, en realitat, el pes correcte seria 60 kg.

En aquest cas, l'error no millorarà repetint l'acció de pesar-nos en la bàscula. Seguint amb l'exemple numèric, sempre veurem 65 kg, en comptes de 60 kg.

Matemàticament, l'error sistemàtic es calcula a partir de la diferència entre el valor mesurat i el valor de referència: $X = X - X(\text{ref})$.

Exemples d'errors sistemàtics habituals en metrologia:

— L'error d'indicació d'un equip de mesura. Aquesta és la informació principal que es determina amb el calibratge d'un equip. Es calcula a partir de la diferència entre la indicació de l'equip calibrat i el valor del patró (considerat valor de referència). En un certificat de calibratge, trobem aquesta informació normalment en format de taula, que acostuma a anomenar-se *resultat del calibratge*. Per exemple:

TAULA 1
Taula de resultats de calibratge que indica l'error

Valor patró	Indicació de l'equip	Error
1,00	1,02	0,02
10,0	10,5	0,5
50,0	49,7	-0,3

FONT: Elaboració pròpia.

De vegades, la informació sobre l'error es presenta en forma de correcció:

TAULA 2
Taula de resultats de calibratge que indica la correcció

Valor patró	Indicació de l'equip	Correcció
1,00	1,02	-0,02
10,0	10,5	-0,5
50,0	49,7	0,3

FONT: Elaboració pròpia.

En el punt 2.53 del VIM s'indica que la *correcció* és la «compensació d'un efecte sistemàtic conegut».

Com es pot veure comparant les taules 1 i 2, la correcció i l'error tenen el mateix valor però el signe canviat. Si l'equip té un error de +5 kg, per corregir-lo cal restar 5 kg (correcció = -5 kg) al resultat del mesurament.

— Error per efecte de magnituds d'influència. De vegades, el resultat del mesurament pot estar esbiaixat per efecte d'una magnitud d'influència. Un cas típic és el de les mesures dimensionals: si quan mesurem la longitud d'un objecte, la temperatura és diferent de 20 °C (temperatura de referència), el valor mesurat estarà afectat de manera sistemàtica per la temperatura. En aquest cas, l'error sistemàtic es pot calcular a partir d'expressions del tipus

$$X = L \cdot \alpha \cdot \Delta T,$$

essent L la longitud mesurada, α el coeficient de dilatació de l'equip de mesura i ΔT la diferència de temperatura respecte a la de referència.

— Error associat a un paral·laxi en una lectura. Aquest error és típic en equips analògics (per exemple, un manòmetre electromecànic) o en recipients volumètrics amb un enrasament. Aquest és un error humà, que cal quantificar experimentalment i que es presentarà a través d'una funció de correcció personalitzada per a un tècnic concret.

El concepte qualitatiu que descriu l'error sistemàtic és la *veracitat* i es detalla en el punt 2.14 del VIM com: «Concordança entre la mitjana d'un nombre infinit de valors mesurats repetits i un valor de referència d'una magnitud». És interessant revisar també les notes que afegeix el VIM a aquest concepte:

1. La veracitat de mesura no és una magnitud i no pot expressar-se numèricament, però la norma ISO 5725 en proporciona característiques.
2. La veracitat de mesura varia en sentit invers a l'error sistemàtic, però no està relacionada amb l'error aleatori.
3. No s'ha d'emprar el terme *exactitud de mesura* per designar la veracitat de mesura.

La nota 1 ens remarca que la veracitat no és una variable quantificable, ja que, si en rellegim la definició, trobem que implica un nombre infinit de mesures, que no podem fer. La nota 2 ens estableix la relació entre error sistemàtic i veracitat: un mesurament és més veraç com més petit si-

gui el seu error sistemàtic, i viceversa. La nota 3 ja avisa sobre les errades terminològiques que sovint es fan, i que han estat motiu d'aquest article: no hem de confondre exactitud amb veracitat.

2.2. Error aleatori

Segons el punt 2.19 del VIM, l'*error aleatori* és «la component de l'error de mesura que, en mesuraments repetits, varia de manera imprevisible». Quan repetim el mesurament d'una mateixa magnitud sobre un mateix ítem, els valors obtinguts presenten una variabilitat deguda a la inestabilitat del procés de mesura, que pot estar causada per l'instrument de mesura (repetibilitat i resolució), per l'efecte de la variació de magnituds d'influència mentre es fa el mesurament o pel canvi d'operari, entre d'altres.

L'error aleatori es quantifica habitualment a través del càlcul de la desviació estàndard (s) del conjunt de valors obtinguts experimentalment en repetir el procés de mesura, a partir de l'expressió següent:

$$s = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

essent x_i cadascun dels n valors individuals mesurats, corresponents a la mateixa variable i $\bar{x}$ la mitjana aritmètica de la mostra de valors individuals.

És important tenir en compte que, si bé la quantificació de l'error aleatori es fa sempre de la mateixa manera: fent mesures repetides de la mateixa magnitud en el mateix ítem, el valor resultant pot canviar segons com es facin aquestes repeticions. Per exemple, en la determinació del valor de longitud d'un bloc, per quantificar l'error aleatori associat a aquest mesurament podem seguir les alternatives següents:

a) Un mateix tècnic, amb el seu peu de rei, mesura deu cops el bloc, col·locant el peu de rei sempre en la mateixa posició.

b) Deu tècnics diferents, en diferents instal·lacions, amb diferents equips i en dies diferents, mesuren un cop el bloc, fent servir cadascú la seva metodologia.

En tots dos casos s'han obtingut deu valors, però l'error aleatori associat al cas B serà més gran que el del cas A, a causa de la influència de més causes de variació.

Per tant, quan es parla d'error aleatori, sempre és necessari indicar en quines condicions s'ha obtingut. D'aquí venen les expressions: *condicions de repetibilitat* i *condicions de reproductibilitat*:

— *Condicció de repetibilitat* (del punt 2.20 del VIM): «Condicció de mesurament en un conjunt de condicions que inclou el mateix procediment de mesura, els mateixos operadors, el mateix sistema de mesura, les mateixes condicions de funcionament i el mateix lloc, així com també mesuraments repetits del mateix objecte o objectes similars durant un curt període de temps». Seria el cas de l'alternativa a en l'exemple anterior.

— *Condicció de reproductibilitat* (del punt 2.24 del VIM): «Condicció de mesurament, en un conjunt de condicions que comprèn llocs, operadors i sistemes de mesura diferents, així com també mesuraments repetits del mateix objecte o objectes similars». Seria el cas de l'alternativa b. La reproductibilitat s'acostuma a determinar a través de comparacions entre laboratoris.

A mig camí entre totes dues, trobem la *condició de precisió intermèdia* (punt 2.22 del VIM). En aquest cas, cal detallar bé quines fonts de variació són les que canvien i quines no.

El concepte qualitatiu que descriu l'error aleatori és la *precisió*. Segons el punt 2.15 del VIM, la precisió és la «concordança entre les indicacions o els valors mesurats obtinguts mitjançant mesuraments repetits del mateix objecte o objectes similars en condicions especificades». Igualment com s'ha fet abans amb la veracitat, es considera interessant revisar també les notes que afegeix el VIM per a aquest concepte:

1. En general, la precisió de mesura s'expressa numèricament gràcies a mesures d'imprecisió com ara la desviació estàndard, la variància o el coeficient de variació, en les condicions especificades.
2. Les condicions especificades poden ser, per exemple, condicions de repetibilitat, condicions de precisió intermèdia o condicions de reproductibilitat.
3. La precisió s'utilitza per definir la repetibilitat de mesura, la precisió intermèdia de mesura o la reproductibilitat de mesura.
4. De vegades el terme *precisió de mesura* s'utilitza de manera inadequada per designar l'exactitud de mesura.

La nota 1 detalla com es quantifica habitualment aquest tipus d'error. Les notes 2 i 3 remarquen el que ja s'ha comentat en paràgrafs anteriors, sobre els diferents tipus de precisions, segons les condicions en què s'estan fent els mesuraments repetits. La nota 4 insisteix a no fer un ús inadequat d'aquest terme.

Després de repassar exhaustivament els dos tipus d'errors i els conceptes relacionats, es procedeix a revisar la definició d'*exactitud*.

2.3. Exactitud de mesura

Segons el punt 2.13 del VIM, l'*exactitud de mesura* és la «concordança entre un valor mesurat i un valor veritable d'un mesurand». De les notes que acompanyen aquesta definició, en destaquem:

1. L'exactitud de mesura no és una magnitud i no s'expressa numèricament. De vegades, d'un mesurament es diu que és més exacte si genera un error de mesura més petit.
2. No és convenient emprar el terme *exactitud de mesura* per designar la veracitat de mesura, ni el terme *precisió de mesura* per a l'exactitud de mesura. Aquest darrer, però, sí que està relacionat amb la veracitat i la precisió.

A continuació, i per tancar aquest capítol de definicions, es presenta la figura 2, en què s'il·lustren els tres conceptes que han estat objecte de discussió (AMC, 2003):

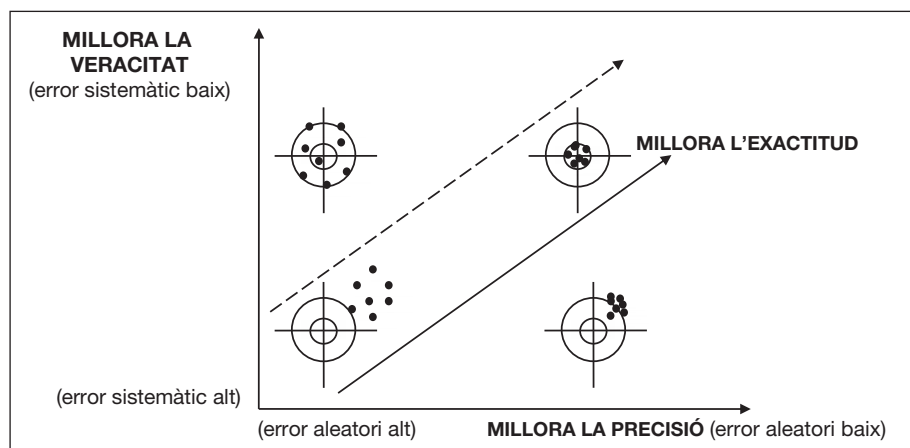


FIGURA 2. Relació entre veracitat, precisió i exactitud.

FONT: Elaboració pròpia.

En la primera diana, es representen un conjunt de valors amb un error aleatori alt i amb un de biaix, perquè són lluny del centre de la diana. Si avancem en l'eix X, i la precisió millora, l'error aleatori baixa i, ara, la representació mostra un conjunt de punts més propers entre ells. Si avancem en l'eix Y, el conjunt de punts es mostren centrats i, per tant, la veracitat ha millorat. Només avançant en la diagonal, trobem la quarta diana amb els punts més propers entre ells i centrats. En aquest darrer cas podem dir que l'exactitud ha millorat.

Quan es volen expressar les característiques metrologiques d'un instrument de mesura o d'una mesura materialitzada, el terme més adequat que s'ha de fer servir és *exactitud*. Tot i que l'exactitud és un terme qualitatiu i, per tant, quan en volem expressar el valor numèric, hauríem de parlar d'*error*, el més habitual és fer-lo servir com a tal. L'exactitud aglutina els dos tipus d'errors i, per tant, és una dada que informa de l'interval de valors dins el qual es trobarà el valor veritable.

Habitualment, l'error d'exactitud o exactitud (per simplificar) s'expressa com un valor numèric que representa la semiamplicitud de l'interval de valors possibles.

Per exemple, revisant les especificacions tècniques d'un termòmetre, el fabricant indica:

TAULA 3
Extracte de les característiques tècniques d'un termòmetre de lectura directa

Rang de mesura	Resolució	Exactitud
-20 °C a +80 °C	0,1 °C	± 0,4 % v. m. ± 0,3 °C

FONT: Elaboració pròpia.

En aquest exemple, la informació que dona el fabricant és l'exactitud de l'equip, com a semiinterval, i expressada amb un variable, que depèn del valor mesurat (v. m.):

$$0,4\% \text{ v. m.} = 0,004 \cdot t$$

Més un terme fix, igual a 0,3 °C.

Així, per exemple, a 20 °C, l'exactitud seria igual a: $\pm(0,004 \cdot 20 + 0,3) \text{ °C} = 0,38 \text{ °C}$.

2.4. Altres conceptes relacionats amb l'exactitud

Hi ha altres conceptes que, si bé no són sinònims, es fan servir com a substitut de l'exactitud. En destaquem, la *linealitat*, l'*error màxim permès* i la *tolerància*.

Linealitat no és un terme inclòs en el VIM, ja que pot definir-se de moltes maneres (segons es defineixi la recta considerada i la distància a la recta), però es fa servir en algunes àrees tècniques de la metrologia com a indicatiu de la veracitat de l'equip de mesura. Per exemple, en les especificacions de les balances, en què l'error sistemàtic sempre queda anul·lat després de fer l'ajust a zero i a la càrrega que marca el fabricant; és més adequat parlar de *linealitat* que de *veracitat*. En aquest cas, s'interpreta com la diferència residual entre el valor indicat per l'equip i el seu valor veritable (valor nominal), considerant que la relació entre la indicació de l'equip i el valor nominal és una recta que passa per l'origen i de pendent 1. Aquesta informació es considera com l'error sistemàtic residual.

En l'exemple de la figura 3, s'interpreta que, per un valor nominal de, per exemple, 6 g, l'equip pot mostrar valors entre 5,6 g i 6,4 g. Això implica un error de linealitat de $\pm 0,4$, que seria aplicable a tot el rang de mesura de la balança.

El concepte d'*error de mesura màxim permès* el trobem en el punt 4.26 del VIM i es defineix com el «valor extrem de l'error de mesura, en relació amb un valor de referència d'una magnitud conegut, que és tolerat per les especificacions o els reglaments per a un mesurament, un instrument de mesura o un sistema de mesura determinats.

Notes:

1. Els termes *error de mesura màxim permès* o *límit d'error* són, en general, utilitzats quan hi ha dos valors extrems.
2. No s'ha d'emprar el terme *tolerància* per designar l'error de mesura màxim permès.

La nota 1 de la definició no ajuda gaire a la comprensió, ja que tant pot interpretar-se que l'error de mesura màxim permès (també descrit com EMP) correspon a l'amplicitud d'un interval de valors o bé a la semiamplicitud. És a dir, es podria indicar un valor d'EMP com a 4 kg o bé com a ± 2 kg. Per aquesta autora, es considera com un semiinter-

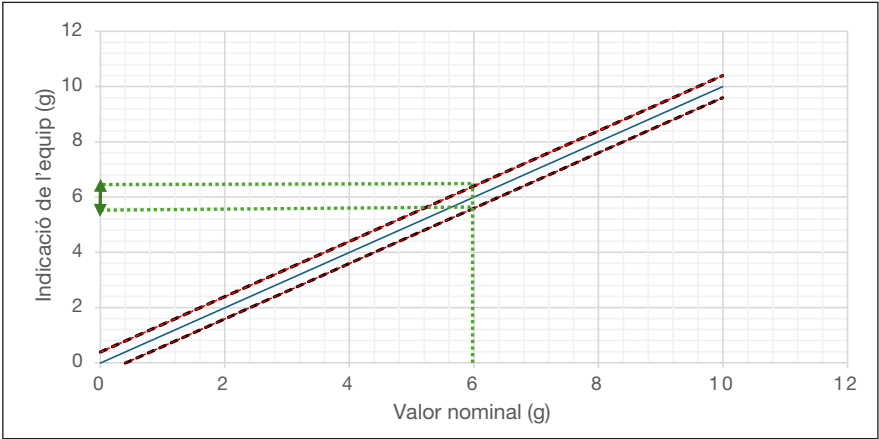


FIGURA 3. Representació de la linealitat d'una balança.
FONT: Elaboració pròpia.

val, ja que d'aquesta manera es pot comparar directament amb la incertesa expandida.

L'EMP el poden fer servir equips, sistemes de mesura o altres especificacions. I és equivalent a l'exactitud.

La *tolerància* és un altre terme, no inclòs en el VIM, que de vegades es fa servir per indicar les característiques metrològiques d'un equip de mesura. La seva definició la podem trobar en diferents fonts, per exemple, la norma ISO 3534-2: 2013 (AENOR, 2013) al numeral (1.4.4) defineix *tolerància* com «la diferència entre els límits de tolerància superior i inferior», essent els *límits de tolerància* (ISO 3534-2: 2013 (1.4.3) «els valors especificats d'una característica, que constitueixen els límits superior i inferior dels valors permesos».

Tant l'error de mesura màxim permès com la tolerància es refereixen a un interval de valors permesos. De fet, l'error màxim permès és un tipus de tolerància. Per això, el més habitual és emprar el terme d'*error de mesura màxim permès* per als equips de mesura i parlar de *tolerància* en processos, materials o productes.

3. Exemples

Els fabricants d'equips de mesura no sempre fan servir la terminologia normalitzada a l'hora de proporcionar informació amb relació a les característiques tècniques dels equips. De vegades, a més de no normalitzada, és confusa. A continuació, es mostren alguns exemples reals de característiques tècniques extretes de manuals de diferents tipus d'equips de mesura. Amb l'objectiu de veure quin és l'estat de l'art en l'ús de la terminologia revisada en els apartats anteriors. (No es dona informació de marca ni model, per tal de preservar l'anonimat del fabricant.)

TAULA 4
Exemple 1. Característiques d'un mòdul de pressió diferencial

Rang	±200 Pa
Resolució	0,1 Pa
Precisió	±0,1 % FS

FONT: Elaboració pròpia.

En aquest cas veiem com, en comptes d'exactitud, el fabricant fa servir el terme *precisió*, la qual cosa no té sentit. Recordem, tal com s'ha explicat en l'apartat anterior, que la precisió informa sobre l'error aleatori o repetibilitat de l'instrument, i que no inclou l'error sistemàtic. Seria correcte si, a més de la precisió, es donés informació relativa a la veracitat o linealitat. Però indicar únicament la precisió és incomplet.

Cal, doncs, reinterpretar la informació i assumir que l'exactitud de l'equip és de ±0,1 % FS. S'entén que FS és la sigla de *full scale*. En aquest cas, l'escala va de -200 Pa a +200 Pa; per tant, FS és igual a 400 Pa i l'exactitud és igual a ±0,001 · 400 Pa = ±0,4 Pa.

TAULA 5
Exemple 2. Característiques d'una microbalança

Rang	0 2,1 g
Resolució	0,0001 mg
Repetibilitat (tolerància de la desviació estàndard)	0,00025 mg
Linealitat (tolerància)	0,0009 mg
Excentricitat (tolerància)	0,0007 mg

FONT: Elaboració pròpia.

En aquest exemple les característiques metrològiques les informen per separat. Entenem que quan indica (tolerància), es refereix al valor màxim de cada característica metrològica: repetibilitat, linealitat o excentricitat, segons escaigui. El que no queda clar en aquest cas és si els valors indicats són el límit de variació màxima o un semiinterval, ja que no s'inclou el símbol ±. En aquest cas, per tal d'establir l'error de mesura màxim admès o l'exactitud de la balança caldria combinar aquesta informació, per exemple, de la manera següent:

exactitud = repetibilitat + linealitat + excentricitat =
0,00185 mg

TAULA 6
Exemple 3. Característiques d'una balança industrial

Abast / precisió (15 000 divisions)
3 kg / 0,2 g

FONT: Elaboració pròpia.

Com podem veure, en aquest cas es torna a confondre la terminologia. El fabricant indica que la precisió és de 0,2 g, quan, en realitat, aquest valor està referint-se a la resolució.

TAULA 7
Exemple 4. Característiques d'un anemòmetre

Rang	1: 0,8 m/s a 3 m/s 2: 3,1 m/s a 25 m/s
Precisió	1: $\pm (3\% \text{ v. m. } + 0,1 \text{ m/s})$ 2: $\pm (1\% \text{ v. m. } + 0,3 \text{ m/s})$

FONT: Elaboració pròpia.

En aquest exemple passa exactament el mateix que en l'exemple 1: es fa servir el terme de *precisió* en comptes del d'*exactitud*. S'inclou per il·lustrar que hi ha diferents maneres d'expressar l'exactitud en els equips. En aquest cas concret, hi ha dues expressions matemàtiques depenent del rang. Cadascuna té un terme fix i un terme variable que depèn del valor mesurat (v. m.). La referència al valor mesurat es pot trobar amb l'anotació v. m. o també amb l'expressió anglesa m. v. (*measured value*) o rdg (*reading* = 'lectura'). Per tant, quan trobem expressions d'aquest tipus caldrà calcular per cada valor mesurat l'exactitud corresponent al valor mesurat.

TAULA 8
Exemple 5. Característiques d'un termòmetre d'infraroig

Rang	30 °C a 400 °C
Exactitud	$\pm 1,5\text{ °C}$ o $\pm 1,5\%$ del v. m. (+0,1 a +400 °C) $\pm 2\text{ °C}$ o $\pm 2\%$ del v. m. (-30 a 0 °C) (prendre el valor més alt)

FONT: Elaboració pròpia.

En aquest cas trobem unes especificacions ben definides, amb la terminologia adequada. Es destaca que el valor de l'exactitud canvia segons el rang de mesura. I, en tots dos rangs, indiquen dos valors possibles i expliquen que sempre cal agafar el més alt.

4. Com establir l'error de mesurament màxim permès (EMP)

Després de calibrar un equip de mesura, cal avaluar si té un error inferior al límit màxim establert. Aquesta avaluació, o verificació dels resultats del calibratge, també la podem anomenar *declaració de conformitat*.

Per poder fer la declaració de conformitat cal establir, en primer lloc, el criteri d'acceptació o rebuig, que habitualment serà l'error de mesurament màxim permès. Per establir aquest valor d'EMP es recomana prendre com a referència les especificacions de l'equip, que es troben en el manual del fabricant.

També cal tenir en compte com es calibrarà l'equip i la seva incertesa de calibratge, ja que si és massa gran, en relació amb l'EMP, la conformitat serà difícil d'aconseguir. Es recomana tenir en compte que la relació entre l'EMP i la incertesa de calibratge sigui: $EMP \geq 3U$.

5. Conclusions

Al llarg de l'article s'ha fet un repàs a tota la terminologia relacionada amb el concepte d'*exactitud* aplicada als equips de mesura. L'objectiu ha estat ajudar l'usuari a llegir i entendre les especificacions dels equips publicades pels fabricants i establir els criteris d'exactitud més adequats per als equips de mesura emprats en l'exercici de les seves tasques. El fet de fer servir la terminologia adequada i correcta facilita la comunicació entre diferents parts.

Agraïments

Agraeixo la col·laboració de tots els vocals de la Secció de Metrologia de la Societat Catalana de Tecnologia, societat filial de l'Institut d'Estudis Catalans (IEC), per la seva col·laboració en la revisió d'aquest article.

Bibliografia

- ACCLC = ASSOCIACIÓ CATALANA DE CIÈNCIES DE LABORATORI CLÍNIC (2015). *Vocabulari internacional de metrologia* [en línia]. Barcelona: TERMCAT, Centre de Terminologia. (Diccionaris en Línia) <<https://www.termcat.cat/ca/diccionaris-en-linia/192/ca>> [Consulta: 31 octubre 2024].
- AENOR = ASSOCIACIÓ ESPANYOLA DE NORMALITZACIÓ I CERTIFICACIÓ (2013). *UNE-ISO 3534-2. Estadística. Vocabulario y símbolos. Parte 2: Estadística aplicada* [en línia]. Madrid: AENOR. <<https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0051705>> [Consulta: 31 octubre 2024].
- AMC = ANALYTICAL METHODS COMMITTEE (2003). «Terminology – The key to understanding analytical science. Part 1: Accuracy, precision and uncertainty». *Technical Brief* [en línia], núm. 13 [Royal Society of Chemistry]. <https://www.rsc.org/images/terminology-part-1-technical-brief-13_tcm18-214863.pdf> [Consulta: 9 gener 2025].

TRADICIÓ I TECNOLOGIA: EL CAS DEL TARLÀ DE L'ARGENTERIA

Daniel Trias

Professor agregat. Departament Enginyeria Mecànica i de la Construcció Industrial. Universitat de Girona. dani.trias@udg.edu

Jordi Torrent

Professor associat. Departament Enginyeria Mecànica i de la Construcció Industrial. Universitat de Girona. jordi.torrent@udg.edu

Miquel Teixidor

Enginyer mecànic. Exestudiant de l'Escola Politècnica Superior de la Universitat de Girona. miquelteixidor15@gmail.com

Jaume-Albert Cruset

Jubilat. Extreballador de l'àrea de Cultura de l'Ajuntament de Girona. enguadal@gmail.com

Resum: A la ciutat de Girona, a finals d'abril, se celebren les Festes de Primavera. La icona principal de la festa és el Tarlà, un ninot que es penja d'una barra al carrer de l'Argenteria i es fa giravoltar de manera que fa cabrioles, rememorant la llegenda segons la qual un personatge es va dedicar a divertir els veïns d'aquest mateix carrer durant una quarantena causada per una epidèmia de pesta. Aquesta tradició es va veure en perill quan l'apartament amb el balcó des del qual es feia giravoltar va passar a ser de propietat privada. Aquest article resumeix les tasques fetes per a resoldre aquesta problemàtica, usant la tecnologia, de manera que els infants i els ciutadans puguin seguir gaudint d'una tradició que es remunta a principis del s. XIX.

Paraules clau: tradició, Girona, Arduino, enginyeria mecànica, mecatrònica.

TRADITION AND TECHNOLOGY: THE CASE OF GIRONA'S TARLÀ

Abstract: The city of Girona celebrates its Spring Festival at the end of April. The festival's most iconic character is Tarlà, an articulated figure suspended from a metal rod by its hands, performing pirouettes. Tarlà commemorates a figure who, according to legend, entertained the neighbours on Carrer Argenteria during a lockdown caused by a plague epidemic. This tradition was at risk when the apartment with the balcony from which Tarlà was spun became private property. In this article we give an overview of the technological efforts made to preserve this tradition, ensuring that young and old may continue to enjoy a celebration that dates back to the early 19th century.

Keywords: tradition, Girona, Arduino, mechanical engineering, mechatronics.

1. Introducció

El patrimoni cultural immaterial es defineix com «els usos, les representacions, les expressions, els coneixements i les tècniques —juntament amb els instruments, els objectes, els artefactes i els espais culturals que els són inherents— que les comunitats, els grups i, en alguns casos, els individus reconeixin com a part integrant del seu patrimoni cultural. Aquest patrimoni cultural immaterial, que es transmet de generació en generació, és recreat constantment per les comunitats i els grups en funció del seu entorn, la seva interacció amb la naturalesa i la seva història, els infon un sentiment d'identitat i continuïtat i contribueix, per tant, a promoure el respecte de la diversitat cultural i la creativitat humana» (UNESCO, 2003). La ciutat de Girona té una quantitat d'elements que s'engloben dins d'aquesta definició: gegants, capgrossos, llengua, tradicions, narratives mitològiques, etc. Però, entre aquests elements, se-

gurament el que és més representatiu de la ciutat de Girona és el Tarlà.

D'aquesta figura, el folklorista Josep Gibert (Gibert, 1946) ens diu que el cronista de la ciutat, Enric Claudi Girbal, apunta que la figura del Tarlà, probablement, va ser importat a Girona per uns veïns de Figueres cap a l'any 1840. Tot i que aquest fet no està demostrat, concorda amb l'expressió figuerenca «No facis el Tarlà» (Casademont i Comas, 1983).

El mot *tarlà* a Girona equival a ser un eixelebrat, tenir un punt de beneitó o de beneiteria, i inclou un sentit de bogeria i poc enteniment. Paraules similars es poden trobar arreu de Catalunya: *tarallà* al Penedès i Banyoles, *tararot* a la Terra Alta, al Baix Ebre i a Xàtiva o el *tarall-lírot* a Barcelona.¹

1. El significat i procedència de totes les expressions esmentades es pot consultar al web Paremiologia catalana comparada digital: <https://pccd.dites.cat/>.



a)



b)



c)

FIGURA 1. Imatges del Tarlà a diferents èpoques: a) 1918 (Gerona - El Tarlà de la calle de la Argenteria por Valentí Farnoli Iannetta. Ajuntament de Girona. CC BY-NC-ND); b) 1942 (Salvador Crescenti Miró - Ajuntament de Girona. CDRI. CC BY-NC-ND); c) 1979, carrer de l'Argenteria amb trànsit de vehicles.

FONT: Fons Joan Comalat. IF 71380. INSPA. Diputació de Girona.

Es té constància del Tarlà des dels volts de 1814, quan ja es parla de la presència d'una figura anomenada d'aquesta manera a les festes de l'Argenteria: «Una figura amb cap de fusta, cos de roba folrat de palla, amb braços que s'articulen per l'espatlla» (Pumarola, 1965). Així, la premsa escrita també recull la celebració de la festa del carrer de l'Argenteria, en el seu moment anomenat *Plateria*, i de la penjada del Tarlà des de 1840. Per aquells temps la festa se celebrava a finals d'agost, per Sant Agustí, patró del carrer, a qui s'havia dedicat una fornícula.² Un dels actes principals d'aquella celebració era l'elecció del «rei de la broma», una figura semblant al rei dels bojos, a qui es demanava que fes totes les bogeries possibles. L'escollit, per vot popular, era batejat amb el nom de *Tarlà*. «Un altre detall de la festa consisteix en certes oposicions anunciades a veus prèviament per mitjà del pregó perquè surti un tarlà de carn i ossos, encarregat de divertir i capitanejar els veïns, que el dia següent, a la festa, ixen a fora a celebrar un “gau-

deamus”. A l'efecte es prepara un empostissat sobre el qual els opositors mostren els seus mèrits i destresa a manejar una espasa o una escombra a tall de tambor major, sortint elegit, regularment, el més lleig dels contrincants i que més ridícules ganyotes sap fer. Després se li embruta la cara per fer-lo encara més lleig; i armant-lo d'un sabre molt gros, se'l col·loca en un carro, assegut en una cadira de braços vestit, per un regular, de rei moro, sota un dosser de canyes verdes i de banderes. Precedit d'una banda de trompetes i tambors, i seguit dels veïns del carrer, surt amb la comitiva a un determinat punt dels afores per celebrar l'indispensable berenar amb el nom de “feixina”» (Girbal, 1936).

El costum d'escollir una persona que representés el Tarlà es va abandonar cap a 1870, i des de llavors va ocupar el seu lloc un ninot que s'ha anat substituint i renovant al llarg dels anys, com es pot llegir al llibre de Gibert (Gibert, 1946).

Diferents diaris i noticiaris recullen cròniques de les Festes de Sant Agustí, amb el Tarlà com a protagonista (Guardiola, 1954; Pumarola, 1965), però no és fins a l'època

2. Buit deixat en el gruix d'una paret per a col·locar-hi una estàtua.

moderna, a finals de la dècada de 1970, que es passa a celebrar la festa al mes d'abril, fent-la coincidir amb Sant Jordi. Són les noves festes del carrer de l'Argenteria i queden rebatejades com a Festes de Primavera, que, amb el pas del temps, la ciutat de Girona es fa seves, i les converteix en les Festes Primavera de Girona. Des de llavors els diaris locals han recollit a les seves pàgines l'acte de penjada del Tarlà, que constitueix l'obertura de les Festes de Primavera.

Que el Tarlà és un element idiosincràtic de la iconografia i el folklore de la ciutat de Girona ho prova el fet que el 27 de setembre de 1902, en el que va suposar el ressorgiment de les festes de la Mercè, colles de bestiar de tot Catalunya (de diferents barris de Barcelona, però també de la Bisbal, Igualada, Valls, Olot o Berga) es van aplegar per a un concurs de «gegants, nanos i monstros típics [sic]» («La Mercè de 1902, la primera festa major de Barcelona», 2022), la figura que representà Girona fou el Tarlà (Pumarola, 1965). Al Museu d'Història de la Ciutat s'exhibeix aquesta versió del Tarlà, que encara llueix la medalla atorgada per a l'ocasió pels veïns del carrer barceloní de l'Argenteria, on romangué penjat durant les festes.

A partir d'aquesta figura, se'n va anar articulant una versió més romàntica: la llegenda del Tarlà. La llegenda diu que fa molts i molts anys la ciutat de Girona va patir un greu episodi de pesta, que s'acarnissà principalment al carrer de l'Argenteria, i, perquè no s'encomanés més enllà d'aquest indret, el carrer es va posar en quarantena i s'aïllà

de la resta de la ciutat amb tanques de canya en els dos extrems. Els veïns estaven tristos, avorrits i emmalaltits, i un veí, desafiant tot l'ambient lúgubre i gris, va començar a fer tombarelles, cosa que els va distreure i divertir. Per a recordar aquell personatge positiu, es va construir un ninot que, penjat d'una barra giratòria, imitava les acrobàcies i facècies d'aquell bon veí del carrer de l'Argenteria (Casademont i Comas, 1983) (Gironella, 1977).

Així doncs, podem dir que, deixant a banda les pauses per conflictes bèl·lics i altres dissorts, tal com es mostra en la figura 1 el Tarlà fa més de cent anys que es passeja per la ciutat i és un element molt present a la iconografia de la ciutat: les escoles organitzen visites cada any, una revista amb el seu nom, un conte interactiu, llibres infantils, s'ha usat com a figura d'animació en competicions esportives, etc. (figura 2).

2. Antecedents

El Tarlà, en l'actualitat, és un ninot articulat amb una vestimenta amb esquellerincs, un cos amb una ànima de ferro i farcit de feltre, penjat i subjectat per les mans a una barra suspesa de banda a banda del carrer i que es pot fer girar mitjançant una maneta accionada des d'un dels balcons on reposa la barra gràcies a la qual fa les cabrioles i tombarelles que congratulen petits i grans. Pel que fa al cap del



FIGURA 2. Exemples de la presència de la icona del Tarlà a Girona: a) el Tarlà presidint la roda de premsa de l'alcalde Joaquim Nadal (1981); b) portada del darrer número de la revista *El Tarlà*; c) el Tarlà usat com a figura d'animació del Bàsquet Girona; d) portada del llibre infantil *Sopa de menta amb picarols*, d'Anna Fité.

FONT: a) Fons Joan Comalat. IF 84364. INSPA. Diputació de Girona; b) <http://xtec.cat/crp-girones/tarla/>; c) foto de Sergi Geronès, cedida per Bàsquet Girona.

Tarlà, ha evolucionat des de la versió més antiga de fusta (tal com s'exposa al Museu d'Història de la Ciutat) fins a les versions posteriors fetes com a motlles, en fibra de vidre. La seva indumentària, tot i ser pròpia i original, té certa semblança a una barreja de bufó, joglar o arlequí. Aquesta vestimenta ha anat variant, però, des d'un vestit amb elements de patge medieval (1900) fins a un de més tradicional amb barretina i espadenyes (dècada de 1960). El ninot té uns braços, rígids, articulats per l'espatlla. Les cames articulades tenen un moviment lliure, que es dobleguen per la part del genoll i turmell. Les mans estan fixades en una barra (abans de fusta, ara de ferro) que es pot fer girar mitjançant una maneta o un timó situat en un dels balcons on reposa. Aquest volant està proveït d'un contrapès per a ajudar a giravoltar, amb certa facilitat, el ninot.

Des del punt de vista mecànic, el Tarlà es pot entendre com un triple pèndol (si prescindim de l'articulació al turmell que pràcticament no aporta moviment). La dinàmica d'aquests tipus de sistemes és complexa i, prèviament al desenvolupament tecnològic que es narra en aquest article, se'n va fer un estudi matemàtic en forma de tesina de màster (Caballero, 2018).

La barra del Tarlà travessa el carrer de l'Argenteria i, tal com s'ha dit, reposa en dos balcons del carrer: un, des del qual es feia giravoltar tradicionalment, era de titularitat pública i s'hi permetia l'accés per a aquesta tasca —els infants i pares esperaven torn al portal per pujar a giravoltar el Tarlà—; l'altre balcó pertany a un dels pocs comerços familiars històrics que encara queden al carrer de l'Argenteria.

Fa uns anys, però, el balcó des d'on es feia giravoltar el Tarlà va passar a ser un apartament privat i el futur de la tradició es va veure en perill, tal com es recull en la secció «Cròniques» de la *Revista de Girona* (Vivern, 2016).

3. Requeriments

L'Ajuntament de Girona va plantejar a professors de l'àrea d'Enginyeria Mecànica de l'Escola Politècnica Superior de

la Universitat de Girona el problema: calia dissenyar un giny que permetés fer giravoltar el Tarlà de la manera més semblant a com s'havia fet tradicionalment, però a peu de carrer, de manera que no calgués accedir al balcó (que ara tenia un ús privat). Addicionalment, però, es volia mantenir la possibilitat de manipular el Tarlà des del mateix balcó. Això podria ser útil, per exemple, per al dia del pregó de les Festes o en cas d'avaría del sistema.

Es van considerar solucions únicament mecàniques, que implicaven alguna construcció d'una columna-carcasa que amagués un sistema de pinyons i cadenes o fins i tot una petita bastida, però aquestes opcions o bé dificultaven el pas de vehicles (l'Argenteria és un carrer comercial amb accés de vehicles matinal per a càrrega i descàrrega), o bé perjudicaven en excés l'estètica d'alguns aparadors. Així, es va adoptar l'opció de comandar el Tarlà de manera remota mitjançant un dispositiu mòbil. Aquesta solució, a banda de resoldre el problema sense perjudicar la mobilitat ni l'estètica, permetia difondre l'ús de la tecnologia de manera més atractiva i potser despertar l'interès per l'enginyeria entre els infants.

4. Descripció de la solució: Festes de Primavera de 2019

Amb la imminència de la primavera de 2019 es va desenvolupar un sistema com el que s'esquematitza en la figura 3: al balcó de l'apartament quedaven instal·lats de manera fixa la caixa amb components electrònics (Arduino Industrial M-Duino 21+ d'Industrial Shields [Industrial Shields, s. d.]), un variador de freqüència WEG CFW100 (WEG, s. d.) i el motor. La transmissió entre el motor i l'eix del Tarlà es feia mitjançant cadena.

Es va triar una placa Arduino en lloc d'un sistema basat en controlador lògic programable (PLC, de l'anglès *programmable logic controller*) industrial per la gran flexibilitat que ofereix el primer i per la seva popularitat entre molts joves i la societat en general. Un PLC industrial ofereix potser

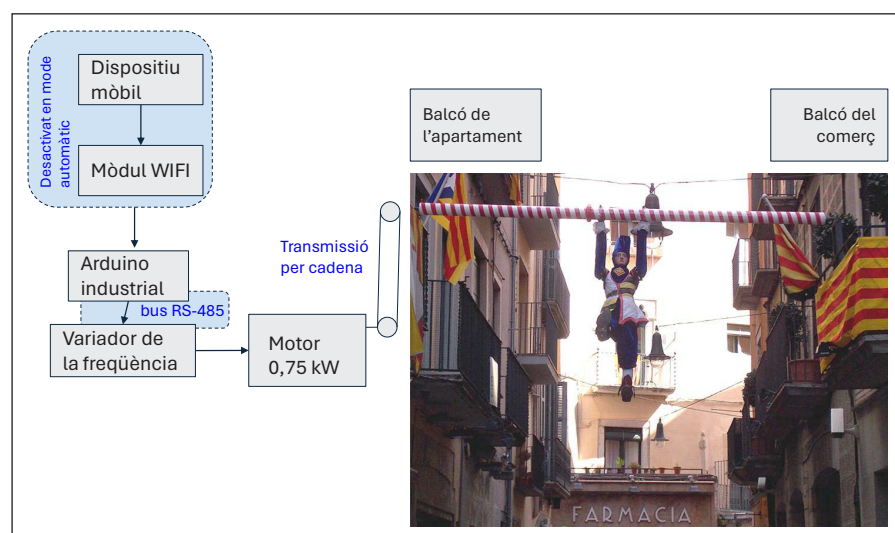


FIGURA 3. Esquema del sistema desenvolupat per a les Festes de Primavera de 2019.
FONT: Elaboració pròpia.

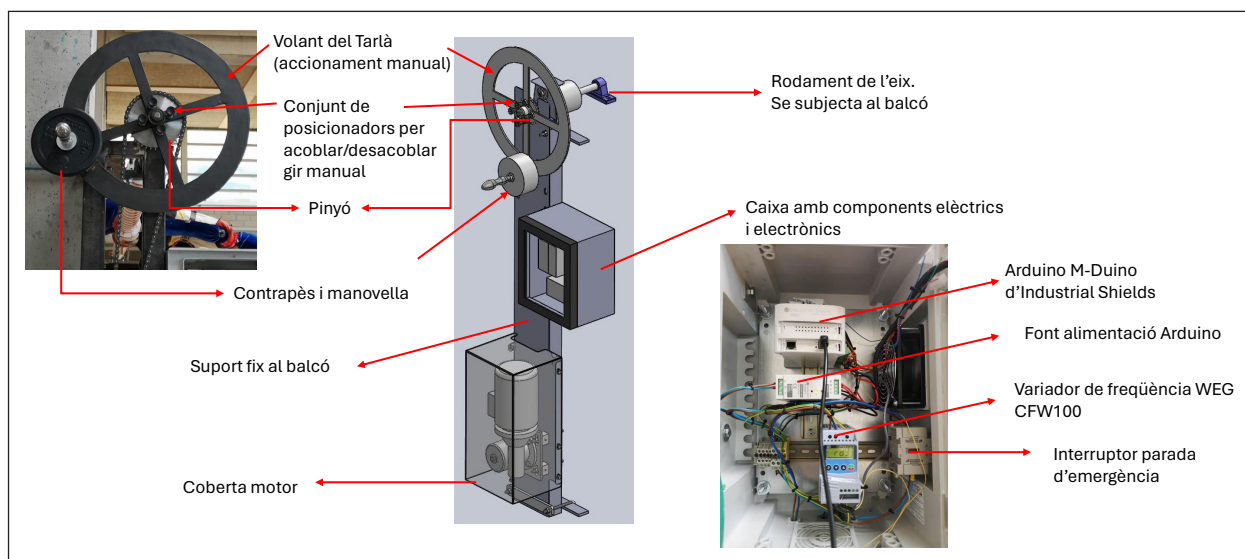


FIGURA 4. Esquema del muntatge dels elements al balcó, amb detall d'elements mecànics (esquerra) i caixa de components elèctrics i electrònics (dreta).
FONT: Elaboració pròpia.

una robustesa més gran, però es va considerar que no era un punt crític per a aquesta aplicació.

El dispositiu mòbil crea una xarxa wifi a la qual es connecta l'Arduino de manera automàtica. Una aplicació mòbil creada per un estudiant de doctorat de l'àmbit de la informàtica (actualment professor associat a la Universitat de Girona, UdG) permetia controlar el moviment del Tarlà de manera senzilla i intuïtiva.

Com es pot observar en la figura 4, es va mantenir el volant original del sistema amb el seu contrapès. Quan el Tarlà

es feia giravoltar manualment, el contrapès reduïa la força necessària per a efectuar les cabrioies. De la mateixa manera resulta útil per a reduir el parell motor necessari i equilibrar la càrrega. Perquè el sistema es pugui usar de manera manual es van incorporar al disseny uns posicionadors de molles (mostrats a la mateixa figura 4), que permeten desacoblar el pinyó de l'eix del Tarlà, de manera que es podia governar amb el volant original.

El muntatge es va instal·lar al vestíbul de l'edifici P-II de l'Escola Politècnica Superior durant el mes de març de 2019 (figura 5). Això va permetre programar el variador de freqüència i l'Arduino, així com una sèrie de cabrioies que es podien executar automàticament a hores preestablertes o només prement un botó a l'aplicació del telèfon. La presència del Tarlà al vestíbul de l'edifici va ser també una manera de difondre el projecte, tant entre els estudiants de l'Escola Politècnica Superior, com entre els potencials futurs estudiants d'escoles i instituts, ja que durant aquestes setmanes s'hi van celebrar les Jornades de Portes Obertes, el TecnoRepte i la First Lego League.

Després de posar-lo a prova durant uns dies al seu lloc final, el nou sistema va ser inaugurat al pregó de les Festes de Primavera de 2019 (Carreras, 2019) i el Tarlà va funcionar amb èxit durant les dues setmanes que van durar. Quan pràcticament ningú recordava les plagues de la pesta que, segons la llegenda, havien sacsejat la rambla de l'Argenteria, l'any 2020 una nova plaga va sacsejar el món i el Tarlà no va poder giravoltar a la barra per dos anys.³

El Tarlà va a tornar a aparèixer per les Festes de Primavera de 2022 (figura 6), les primeres després de la pandèmia, i així ho van recollir tant el *Diari de Girona* (Agència Ca-



FIGURA 5. Instal·lació del Tarlà al vestíbul de l'edifici P-II de l'Escola Politècnica Superior de la Universitat de Girona.
FONT: Elaboració pròpia.

3. De fet, és tal la identificació dels infants de la ciutat amb el Tarlà que el 2021, tot i decidir no fer-lo giravoltar al carrer de l'Argenteria per evitar aglomeracions, el Tarlà va recórrer els vint-i-set centres escolars de Girona (Reche, 2021).



FIGURA 6. Acte de penjada del Tarlà, a la inauguració de les Festes de Primavera de 2022.
FONT: Elaboració pròpia.

talana de Notícies, 2022) com *El Punt Avui* (Esteban, 2022). Aquest cop, però, per tal de reduir les molèsties als residents de l'apartament, es va voler invertir el muntatge de manera que el motor, la caixa amb els components electrònics i el volant es van instal·lar al balcó del comerç. *A priori* el muntatge de forma simètrica hauria de funcionar de manera idèntica, únicament invertint el sentit de gir. I així va ser, però petites diferències en l'alineació del balcó i possiblement perquè tenia una estructura menys rígida van fer que, amb les sotragades, la cadena de transmissió perdés tensió i es desmuntés o fins i tot s'arribés a trencar en alguna ocasió. A més, durant els anys en què es va utilitzar aquest sistema, es va observar que, tot i que l'ús d'una aplicació mòbil representava una modernització de la tradició i un avenç tecnològic amb potencial per a atraure els joves, reduïa la interactivitat. En ser un element poc visi-

ble, els vianants no tenien consciència que es manipulava a través d'un mòbil, de manera que els infants no demanaven fer-lo girar ells mateixos, un dels principals atractius del Tarlà a Girona. Amb això en ment, en les edicions següents es van incorporar alguns canvis que finalment van permetre mantenir la tradició de manera més fidel a l'original, amb l'ajuda de la tecnologia.

5. Descripció de la solució: Festes de Primavera de 2024

Finalment, per a les Festes de Primavera de 2024 es va desenvolupar un sistema, que incorporava les millores següents:

- Es manté la possibilitat de manipular el Tarlà des de la mateixa aplicació mòbil, però es dissenya un timó que permet fer-lo giravoltar a peu de carrer. El disseny d'aquest timó és segurament el repte més gran del nou sistema. El mode d'operació es pot seleccionar des de l'exterior de la caixa de components electrònics.

- El timó s'instal·la sobre un carretó, dins el qual també s'incorpora el quadre de components elèctrics i electrònics, de manera que s'alliberen el màxim possible d'elements del balcó del comerç i se n'estalvia l'exposició a la intempèrie. El carretó es porta a peu del Tarlà únicament en horari comercial, que és quan es fa giravoltar, i es connecta, d'una banda, a la xarxa elèctrica (per a alimentar controlador i variador de freqüència) i, de l'altra, el variador es connecta al motor. La figura 8 mostra l'explosió dels diferents elements mecànics i el seu muntatge al carretó.

- Per tal de fer possible una manipulació tan similar com fos possible a l'original, s'usa un codificador que per-

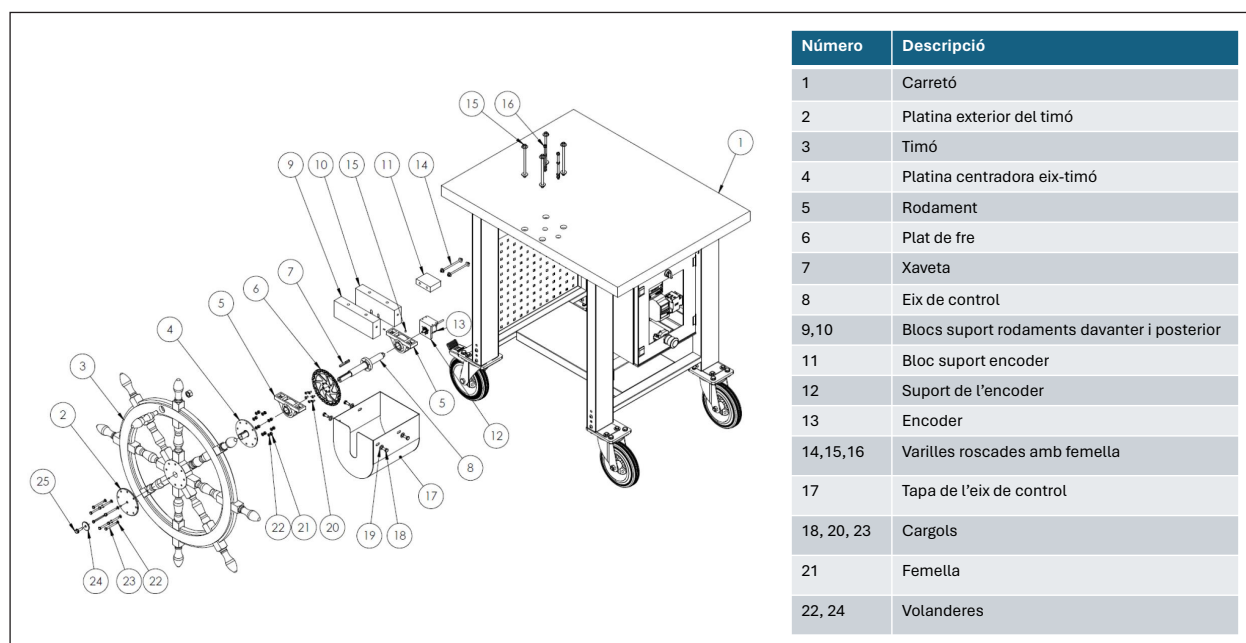
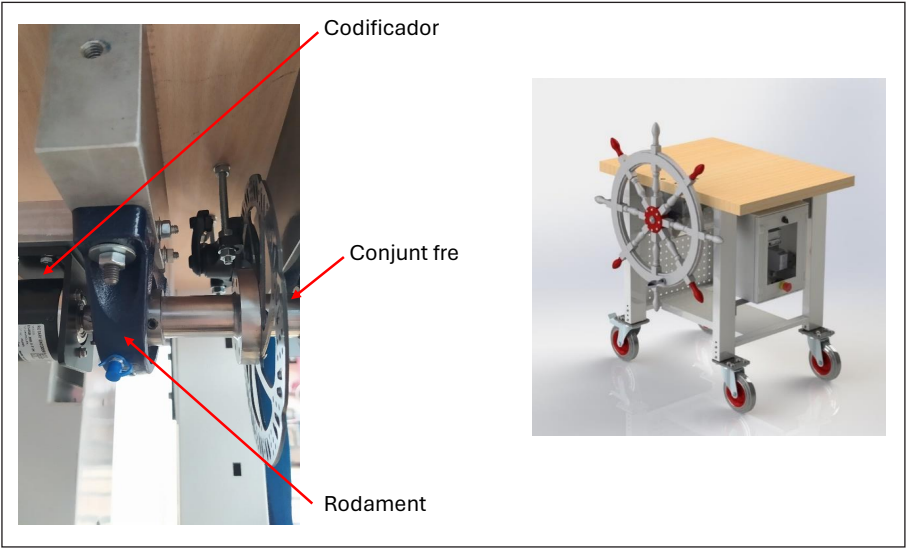


FIGURA 7. Carro i elements mecànics del timó i codificador.
FONT: Elaboració pròpia.

FIGURA 8. Detall del fre de bicicleta i codificador (esquerra) i render del conjunt del carro amb el timó i la caixa de components electrònics (dreta).
FONT: Elaboració pròpia.



met el càlcul de la velocitat de gir. El codificador escollit és de tipus rotatiu incremental, en concret el model E50S8-360-3-T-24 del fabricant Autonics. Aquest dispositiu s'utilitza per a mesurar la posició de l'eix de control. Té una resolució de 360 polsos per revolució amb tres canals de sortida. Per seguretat, al codi de l'Arduino es limita la velocitat màxima que se sol·licita al variador de freqüència.

— Per a simular la inèrcia del sistema eix-Tarlà i evitar que els usuaris facin girar el volant a una velocitat superior que la que l'eix real del Tarlà podria assolir —tant per limitacions físiques com per seguretat— s'utilitza un fre de bicicleta que frena el plat, tal com es mostra en la figura 8.

— Es canvia el sistema de tracció i transmissió emprat anteriorment (motor-cadena-pinyó) per un sistema de motor-reductor. D'aquesta manera s'eviten els problemes detectats amb la transmissió per cadena, alhora que s'obté un

sistema més compacte. Es manté el volant amb el contrapès i els posicionadors que permeten l'accionament manual. Els detalls d'aquest conjunt es mostren en la figura 9.

— El sistema permet tant la manipulació amb el dispositiu mòbil, de forma manual o el nou timó, tal com es mostra en el diagrama de la figura 10.

El desenvolupament d'aquest darrer sistema es va dur a terme com a treball de final de grau (Teixidor, 2024), de manera que es va documentar al detall tota la instal·lació de la modernització del Tarlà. Un altre cop, es va instal·lar el Tarlà al vestíbul del P-II de l'Escola Politècnica Superior per a verificar i ajustar el sistema i es va estrenar per a les Festes de Primavera de 2024. Diferents mitjans se'n van fer ressò: el *Diari de Girona* (Coll, 2024), el programa InfoK (TV Catalunya, 2024b) i el Telenotícies Comarques (TV Catalunya, 2024) i aquest cop la notícia no va ser només l'inici

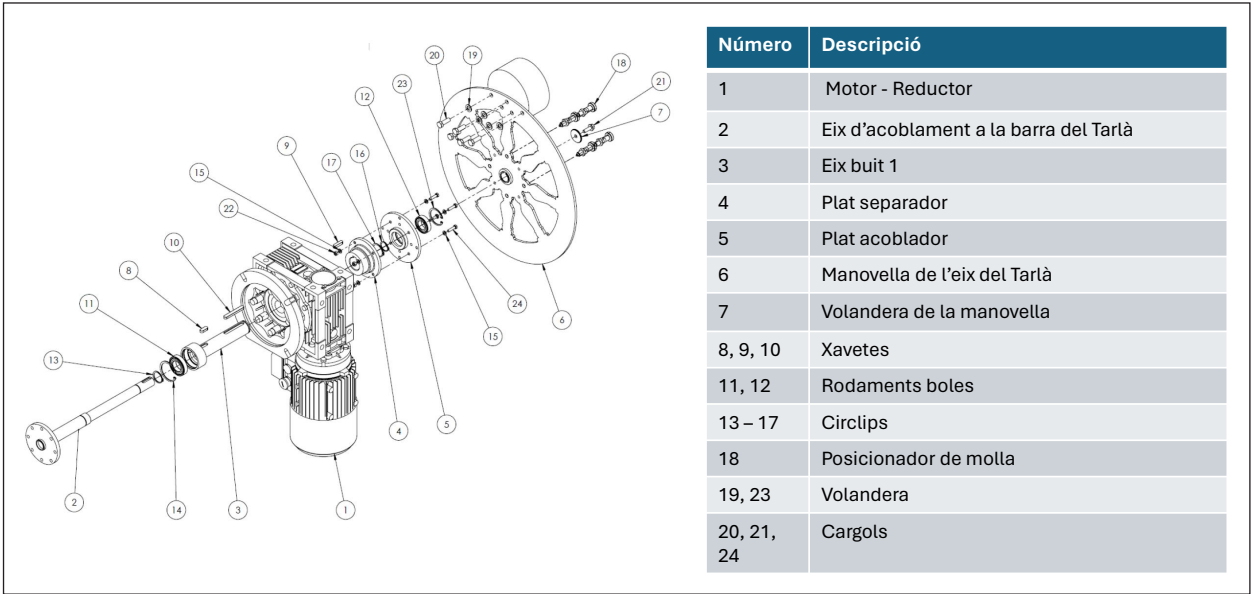


FIGURA 9. Elements mecànics de tracció, instal·lats al balcó del comerç.
FONT: Elaboració pròpia.

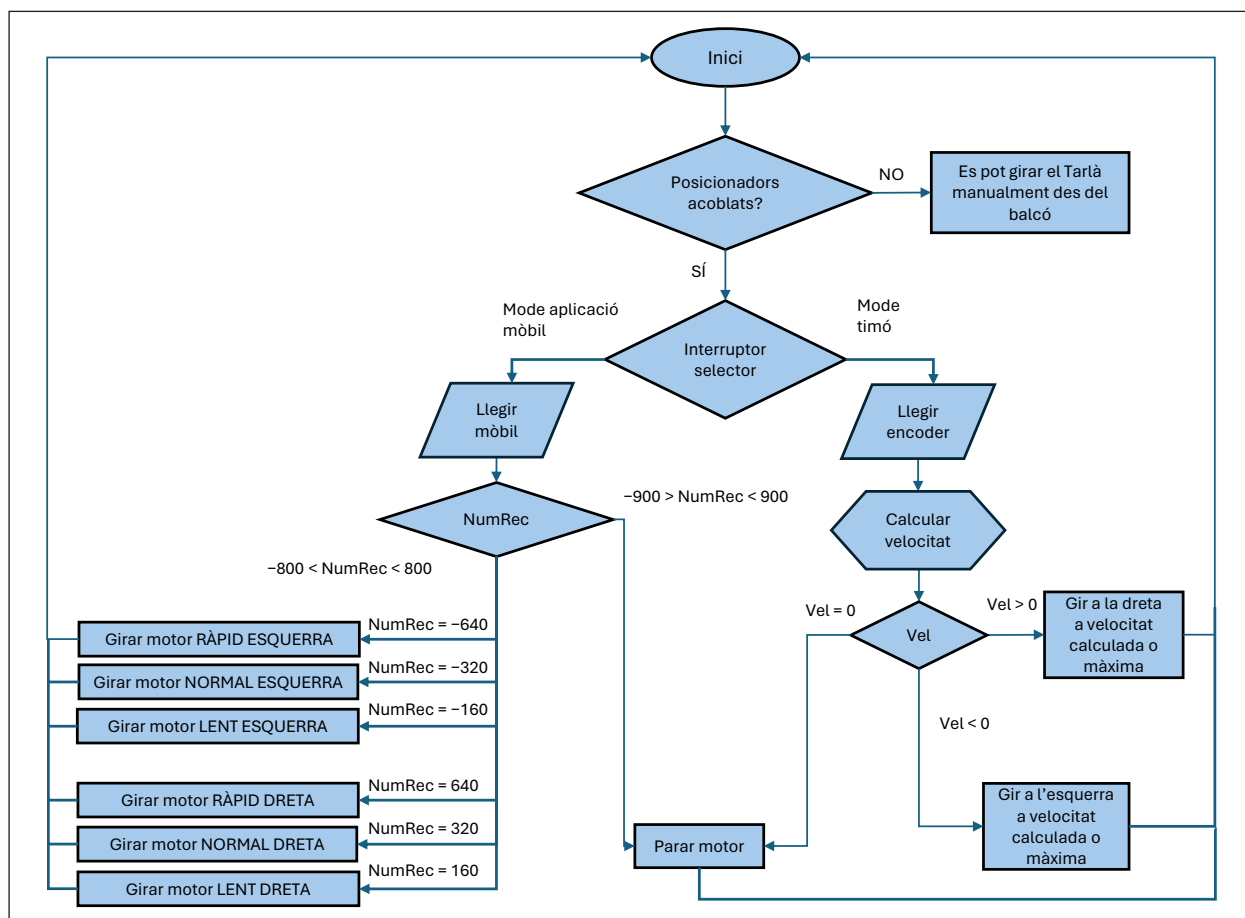


FIGURA 10. Diagrama conceptual de funcionament.
FONT: Elaboració pròpia.

de les Festes de Primavera, sinó que es va fer esment de la tecnologia usada per a fer girar el Tarlà. Fins i tot diferents mitjans van entrevistar l'autor del treball de final de grau i un dels professors implicats.

6. Conclusions

El Tarlà és una figura que atrau sobretot els infants, però també els vianants i turistes que passen pel carrer de l'Argenteria. Els gironins de tota la vida el recorden com a part de la seva infantesa, però els infants d'avui, en un món ple d'estímul audiovisuals, també hi senten una atracció especial. Anar a veure el Tarlà o a fer girar el Tarlà és un costum ben arrelat a la ciutat. Aquesta tradició es va veure en perill quan l'apartament al qual pertanyia el balcó des d'on es feia giravoltar va passar a ser de propietat privada. Aquest article resumeix les tasques fetes per a resoldre aquesta problemàtica usant la tecnologia i per tal que els infants i els ciutadans puguin seguir gaudint d'una tradició que es remunta a principis del s. XIX.

En una primera instància, per les Festes de Primavera de 2019 es va plantejar una solució que instal·lava un motor i un controlador Arduino en un balcó i permetia la manipulació del Tarlà des d'un telèfon mòbil. Amb l'experièn-



FIGURA 11. Instal·lació del sistema final al carrer de l'Argenteria.
FONT: Elaboració pròpia.

cia de l'ús es va veure que aquesta forma de manipulació no era prou interactiva i es desitjava un sistema que s'assemblés més al volant original. Així, per les Festes de Primavera del 2024 es va dissenyar un volant amb forma de timó, que per mitjà d'un codificador enviava els senyals de gir adequats al mateix controlador Arduino. Al mateix temps, es va aprofitar per a instal·lar aquest controlador juntament amb el timó en un carretó mòbil que va permetre prescindir de l'accés als balcons i evitava l'exposició a la intempèrie dels components electrònics quan el Tarlà no

s'està usant. El funcionament amb el mòbil es manté, de manera que es pot seleccionar fàcilment el mode d'operació (timó/mòbil).

La discussió sobre si cal o no modernitzar les tradicions ha generat molta bibliografia, però en el cas relatat en aquest article no es va tractar tant de modernitzar la tradició per a adaptar-la als nous costums, sinó d'usar una solució tecnològica a l'abast als nostres dies per a intentar mantenir la tradició d'una manera tan fidel a l'original com fos possible. De fet, si reprenem la definició mateixa de patrimoni immaterial amb la qual s'obre la introducció d'aquest article, s'observa que aquest patrimoni immaterial «és recreat constantment per les comunitats i els grups en funció del seu entorn, la seva interacció amb la naturalesa i la seva història» i això és precisament el que es va fer amb el Tarlà. Ens agradaria també pensar que hem posat el nostre petit gra de sorra pel que fa a «promoure el respecte de la diversitat cultural i la creativitat humana», en aquest cas amb l'ús de la tecnologia de manera creativa.

D'altra banda, l'ús de la tecnologia ens ha permès difondre l'enginyeria i la tecnologia, ja que, a partir d'ara, a les visites que anualment fan escoles i instituts de la província de Girona, se'ls explica el funcionament del sistema desenvolupat. Fins i tot molts vianants, en veure que el Tarlà s'està manipulant a peu de carrer, pregunten com és possible i se'ls mira de respondre. En un futur s'hi voldria afegir algun element descriptiu sobre el funcionament del sistema o fins i tot podria tenir presència a la futura Casa de la Tecnologia de Girona.

Agraïments

El primer autor és professor Serra Húnter. Els autors volen agrair la implicació del personal tècnic del taller mecànic del Departament d'Enginyeria Mecànica i de la Construcció Industrial: Jordi Vicens i Sergi Saus.

Bibliografia

- AGÈNCIA CATALANA DE NOTÍCIES (2022). «El Tarlà tornarà al carrer Argenteria després de dos anys per les Festes de Primavera». *Diari de Girona* (21 abril) [en línia]. <<https://www.diaridegirona.cat/girona/2022/04/21/tarla-tornara-carrer-argenteria-despres-65226019.html>> [Consulta: octubre 2024].
- CABALLERO, Ó. (2018). *Modelització i simulació de la dinàmica del Tarlà de l'Argenteria de Girona* [en línia]. Treball final de màster. Universitat de Girona. <<https://dugi-doc.udg.edu/handle/10256/17840>> [Consulta: octubre 2024].
- CARRERAS, T. (2019). «El Tarlà de Girona ja gira». *Diari de Girona* (27 abril) [en línia]. <<https://www.diaridegirona.cat/girona/2019/04/27/tarla-girona-ja-gira-48833074.html>> [Consulta: octubre 2024].
- CASADEMONT I COMAS, E. (1983). «El "Tarlà", obra d'uns figures?». *Hora Nova*, núm. 339 (15-21 novembre), p. 4.
- COLL, J. (2024). «El Tarlà tornarà a girar a cop de volant al carrer Argenteria». *Diari de Girona* (15 abril) [en línia]. <<https://www.diaridegirona.cat/girona/2024/04/15/tarla-tornara-girar-cop-volant-101049296.html>> [Consulta: octubre 2024].
- ESTEBAN, R. (2022). «El Tarlà ha tornat». *El Punt Avui* (24 abril) [en línia]. <<https://www.elpuntavui.cat/societat/article/5-societat/2130327-el-tarla-ha-tornat.html>> [Consulta: octubre 2024].
- GIBERT, J. (1946). *Girona: petita història de la ciutat i de les seves tradicions i folklore*. [s. l.]: Instituto Nacional del Libro Español.
- GIRBAL, E. C. (1936). «Una locució popular "És un tarlà - Fa el tarlà"». *Curiositats de Catalunya*, núm. 1(33) (12 setembre), p. 223-224.
- GIRONELLA, J. (1977). «La festa de Sant Agustí, bisbe». *Am-purdan* (31 agost).
- GUARDIOLA, R. (1954). «El Tarlà de la Argenteria». *Canigó - Revista Literaria Cultural Deportiva*, núm. 1 (7), p. 15.
- INDUSTRIAL SHIELDS (s. d.) «M-Duino ethernet PLC Arduino 21» [en línia]. Disponible a: <https://www.industrialshields.com/es_ES/shop/m-duino-ethernet-plc-arduino-21-3670> [Consulta: octubre 2024].
- «La Mercè de 1902, la primera festa de Barcelona». *Històries de BCN* [en línia]. <<https://historiesdebcn.com/la-merce-de-1902/>> [Consulta: maig 2025].
- PUMAROLA, J. (1965). «Juglares y volatineros». *Revista de Girona*, núm. 30.
- RECHE, A. (2021). «El Tarlà voltarà a les escoles en lloc de la barra giratòria de l'Argenteria». *Empordà* (25 abril) [en línia]. <<https://www.emporda.info/girona/2021/04/25/tarla-voltara-les-escoles-lloc-50710387.html>> [Consulta: octubre 2024].
- TEIXIDOR, M. (2024). *Adaptació del sistema de transmissió del Tarlà de l'Argenteria de Girona* [en línia]. Treball de final de grau - Enginyeria Mecànica. Universitat de Girona. <<http://hdl.handle.net/10256/25800>> [Consulta: octubre 2024].
- TV CATALUNYA (2024a). *El Tarlà es modernitza a cop de volant*. Girona: Telenotícies Comarques. <<https://www.3cat.cat/3cat/el-tarla-de-girona-es-modernitza-a-cop-de-volant/video/6278733/>> [Consulta: octubre 2024].
- (2024b). *Torna el Tarlà a Girona*. Barcelona: InfoK. <<https://www.3cat.cat/3cat/torna-el-tarla-a-girona/video/6278818/>> [Consulta: octubre 2024].
- UNESCO (2003). *Convenció per a la salvaguarda del patrimoni cultural immaterial* [en línia]. París. <<https://ich.unesco.org/doc/src/00009-CA-PDF.pdf>> [Consulta: octubre 2024].
- VILA, P. (2004). *El Tarlà de Girona i les festes del carrer de l'Argenteria*. Girona: Ajuntament de Girona.
- VIVERN, D. (2016). «Cròniques: el Gironès. No féssim pas el Tarlà». *Revista de Girona*, núm. 297, p. 9.
- WEG (s. d.). *Convertidor de frecuencia CFW100 G2* [en línia]. <https://www.weg.net/catalog/weg/BF/es/Drives/Convertidores-de-Frecuencia/Micro-y-Mini-Drives/Convertidor-de-Frecuencia-CFW100-G2/Convertidor-de-Frecuencia-CFW100-G2/p/MKT_WDC_GLOBAL_PRODUCT_INVERTER_CFW100_G2> [Consulta: octubre 2024].

PUBLICITAT PERSONALITZADA I PRIVACITAT

Antoni Olivé

Departament d'Enginyeria de Serveis i Sistemes d'Informació. Universitat Politècnica de Catalunya. Secció de Ciències i Tecnologia. Institut d'Estudis Catalans. antoni.olive@upc.edu

Resum: La publicitat personalitzada és el tipus de publicitat digital més estès actualment. Des dels inicis no ha parat de créixer en complexitat i volum, i és la font principal d'ingressos de grans empreses tecnològiques com ara Google o Facebook. En aquesta publicitat, els anunciants poden enviar anuncis a usuaris de webs o apps que tenen uns certs trets personals. La base d'aquesta publicitat és la identificació dels usuaris, la recollida de dades personals seves i la inferència a partir d'aquestes dades de trets personals d'interès per als anunciants. Des del punt de vista de la privacitat, aquest ús de dades personals és problemàtic, i cada vegada hi ha més veus que en demanen la prohibició o almenys una regulació més estricta. Aquest article aporta una descripció molt simplificada, però suficient, de la publicitat personalitzada que pugui contribuir al coneixement, reflexió i acció, individual i col·lectiva, de les persones que vulguin vetllar pel respecte al dret a la privacitat en aquest àmbit.

Paraules clau: privacitat, dades personals, publicitat, publicitat digital, publicitat personalitzada, publicitat contextual, Google.

PRIVACY AND PERSONALIZED ADVERTISING

Abstract: Personalized advertising is the most widespread type of digital advertising today. Since its inception, it has never ceased to grow in complexity and volume, and it is the main source of income for large technology companies such as Google or Facebook. With this form of advertising, advertisers can send ads with certain personal traits to users of websites or apps. The basis of this system is the identification of users, the collection of their personal data and the inference from those data of personal traits of interest to advertisers. This use of personal data poses problems from the standpoint of privacy, and more and more voices are calling for its prohibition or at least a stricter regulation. This article presents a highly simplified but sufficient description of personalized advertising that can contribute to the knowledge, reflection and individual and collective action of people who wish to ensure respect for the right to privacy.

Keywords: privacy, personal data, advertising, digital advertising, targeted advertising, personalized advertising, contextual advertising, Google.

1. Introducció

La publicitat digital va néixer l'any 1994, quan es va publicar per primera vegada un anunci en forma de bàner en el web d'una revista digital. D'aleshores ençà, la tecnologia publicitària ha sofert una evolució extraordinària en grandària i en complexitat. Alhora, la despesa a escala mundial en publicitat digital no ha parat de créixer, i es preveu que arribi el 2024 a un import anual de més de set-cents mil milions de dòlars (Statista, 2024).

Aquesta evolució es deu en gran part al naixement, als voltants de l'any 1997, d'un tipus de publicitat digital anomenat *publicitat personalitzada*. Aquesta publicitat permet als anunciants enviar automàticament anuncis a un web/app¹ just en el moment que l'està usant una persona que té uns trets concrets.

La publicitat personalitzada fou possible gràcies a tres innovacions. En línies generals són:

- Assignació automàtica d'identificadors als usuaris de webs/apps.
- Enregistrament automàtic de l'activitat que fan les persones quan usen webs/apps i del context en què ho fan.
- Algorismes capaços d'inferir trets personals dels usuaris a partir de les dades enregistrades.

L'aplicació d'aquestes innovacions permet obtenir una gran quantitat de dades personals que es poden usar per a la personalització dels anuncis.

Probablement la dada més enregistrada és la de la localització dels usuaris. Gairebé tots els mòbils contenen una o més apps que inclouen un o més rastrejadors de la seva localització geogràfica. El motiu és triple. Primer perquè és molt fàcil d'obtenir-la. N'hi ha que la recullen diverses vegades per minut en un mateix mòbil i n'hi ha que ho fan encara que l'app on si-

1. Escrivem web/app per indicar lloc web i/o app. Semblantment, webs/apps per al plural.

guin no sigui utilitzada. El segon és que, partint de les dades de localització d'un mòbil, es pot inferir a quin lloc ha anat el seu portador, des d'on hi ha anat, quan hi ha anat, quanta estona s'hi ha estat i amb qui hi ha coincidit. I d'aquestes inferències es poden derivar moltes altres dades (Armitage *et al.*, 2023). La capacitat d'inferència de dades personals a partir de la localització de les persones és tan alta que s'arriba a dir que «on vas és qui ets»² (Valentino-DeVries *et al.*, 2018; Wiedemann *et al.*, 2024; Tau, 2024). El tercer motiu és que aquestes dades inferides tenen un gran interès en general i en particular per a la publicitat personalitzada.

L'ús de les dades personals per a la publicitat personalitzada és problemàtic perquè afecta la privacitat de les persones. D'acord amb el Reglament general de protecció de dades (RGPD), aquest ús requeriria el consentiment «lliure, específic, informat i inequívoc» de les persones interessades, cosa que molta gent considera que a la pràctica no se satisfà adequadament. Són molt pocs els usuaris que llegeixen les polítiques de privacitat quan obren un compte o accedeixen a un servei. Acostumen a ser textos llargs i, a més, per a moltes persones són difícils de comprendre plenament (CMA, 2020). En una enquesta recent feta a nord-americans, el 56% dels enquestats afirmava que sempre o sovint clica «accepto» sense llegir la política de privacitat, i un 22% que ho feia a vegades (McClain *et al.*, 2023). Això explica que grups i persones que defensen el dret a la privacitat demanin sovint una regulació més estricta o la prohibició total o parcial de la publicitat personalitzada (Dayen, 2018; Véliz, 2021; Cyphers i Schwartz, 2022; Armitage *et al.*, 2023; FTC, 2024).

Aquest article pretén aportar una descripció molt simplificada, però suficient, de la publicitat personalitzada que pugui contribuir al coneixement, reflexió i acció individual i col·lectiva, de les persones que vulguin vetllar pel respecte al dret a la privacitat en aquest àmbit. L'estructura de l'article és com segueix. En la secció 2 s'explica breument què s'entén per *publicitat digital* i quins són els tipus principals que hi ha. La secció 3 presenta un esquema general de la publicitat contextual, que és un tipus de publicitat que no usa dades personals. La secció 4 tracta de la publicitat personalitzada, que és la principal. Les empreses més grans, de llarg, que gestionen aquesta publicitat són Google, seguida de Facebook (CMA, 2020). Per aquest motiu, la secció 4 es basa principalment en el cas de Google. La secció 5 presenta el model de negoci de la publicitat personalitzada. La secció 6 descriu algunes de les accions que es poden fer per a defensar la privacitat en aquest àmbit. L'article acaba amb les conclusions.

2. Publicitat digital

La publicitat digital és la publicitat que s'adreça al públic a través de canals digitals com ara webs/apps, xarxes socials, correu electrònic i cercadors, usant dispositius electrònics (Novak, 2024).

Hi ha diversos tipus de publicitat digital. El més important és la publicitat programàtica. En aquest tipus, els anunciants indiquen quins anuncis volen posar, i en quines condicions, i els editors, que són els responsables dels webs/apps en què es poden inserir anuncis, indiquen els espais que tenen disponibles i les condicions amb què s'hi poden inserir anuncis. Les condicions que defineixen els anunciants són les econòmiques i les anomenades *públic objectiu*. Les condicions econòmiques fixen aspectes com ara el preu màxim que s'ha de pagar per cada inserció d'un anunci. El públic objectiu, en canvi, són les condicions que ha de satisfer el lloc en què es publica l'anunci o els trets personals dels usuaris a qui van destinats els anuncis.

En la publicitat programàtica, hi ha un sistema molt complex, que anomenarem *servidor d'anuncis*, que sap els anuncis que els anunciants volen posar, els espais disponibles en els webs/apps en què es poden publicar i les condicions que s'han fixat en cada cas. Cada vegada que un usuari visita un web/app en què hi pot haver anuncis, el servidor d'anuncis s'assabenta de quins anuncis s'hi podrien publicar, decideix automàticament quins anuncis s'hi han de publicar i n'ordena la publicació, sense cap mena d'intervenció dels anunciants ni dels editors. La decisió es pren en fraccions de segon (Clearcode, 2022).

Dins de la publicitat programàtica hi ha dos subtipus principals: la contextual i la personalitzada. En la primera, el servidor d'anuncis té en compte el context en què es troba l'usuari quan visita un web/app, mentre que en la segona té en compte els trets personals de l'usuari. Les tecnologies que usen tenen elements en comú, però també hi ha moltes diferències degudes al tractament de les dades personals. Analitzem aquests subtipus en les seccions següents.

3. Publicitat contextual

En aquesta publicitat, el públic objectiu dels anuncis només té en compte el context en què els usuaris estan usant el web/app. No té en compte cap tret personal dels usuaris. En aquest sentit, la publicitat digital contextual és similar a la publicitat convencional usada, entre molts altres llocs, en els mitjans de comunicació impresos (Armitage *et al.*, 2023).

El context de l'ús del web/app pot incloure els elements següents (Clearcode, 2022):

- La URL de la pàgina web a la qual s'accedeix o l'app que s'usa.
- Les categories del web/app, si es coneixen.³

2. Aquesta afirmació és encara més sòlida si l'«on vas» inclou tant la localització geogràfica com les pàgines web visitades.

3. IAB Tech Lab ha elaborat una llista molt utilitzada de categories, que es pot trobar a <https://iabtechlab.com/standards/content-taxonomy/>.

- Les dades incloses en la petició que fa l'usuari.
- Espai reservat i posició en què es posaria l'anunci.
- La geolocalització del lloc o la IP des d'on s'usa el web/app.

- El navegador, sistema operatiu i dispositiu (tipus, marca, model) usats.

- La llengua usada.

- El moment (hora, dia, etc.) en què s'usa.

Per exemple, una pizzeria de la ciutat C podria definir un anunci d'una oferta de pizza amb el públic objectiu següent:

- Accedint a un web d'una llista de webs de mitjans de comunicació.

- Localitzat a la ciutat C.

- Usant el web un divendres a partir de les cinc de la tarda.

La figura 1 mostra un esquema general de la publicitat contextual que servirà de base per a comparar-la amb la personalitzada. Hi ha dos components principals: els webs/apps i un servidor d'anuncis. El funcionament es pot resumir en els passos següents (les xifres es corresponen amb les de les fletxes de la figura):

1. L'usuari fa una petició al web/app que està usant. Per exemple, demana una pàgina d'un mitjà de comunicació digital.

2. El web/app prepara la resposta a la petició i demana al servidor d'anuncis els anuncis que ha d'inserir en la resposta. La petició inclou el context actual.

3. El servidor d'anuncis s'assabenta dels anuncis que s'han definit, amb els seus públics objectius corresponents, selecciona els que encaixen amb el context rebut i decideix quins s'han de mostrar en el web/app.

4. El servidor d'anuncis envia al web/app els anuncis que s'han d'incloure en la resposta.

5. El web/app incorpora els anuncis rebuts a la resposta que havia preparat, i ho mostra a l'usuari.

6. L'usuari reacciona d'alguna manera als anuncis que es mostren (els ignora, els veu durant una estona, els clica, etc.).

4. Publicitat personalitzada

En la publicitat personalitzada, el públic objectiu dels anuncis inclou trets personals que han de tenir els destinataris potencials dels anuncis. Això implica que s'han de

poder saber els trets personals concrets de les persones que visiten els webs/apps. Òbviament, aquest fet pot afectar la privacitat de les persones i per aquest motiu la publicitat personalitzada és sovint objecte de controvèrsia.

Començarem aquesta secció analitzant les dades personals que s'usen i després presentarem l'esquema general d'aquesta publicitat. Acabarem amb el cas particular del cercador Google.

4.1. Dades personals

Les dades personals que s'usen en la publicitat personalitzada es poden classificar segons l'origen en recollides i inferides (CMA, 2020; Armitage *et al.*, 2023). Les dades *recollides* són les que proporciona voluntàriament l'usuari o les que s'observen de l'activitat que fa. Per exemple, el nom, la localització geogràfica, l'historial de la navegació, el temps dedicat i clics fets en una pàgina web, o les amistats en plataformes de xarxes socials.

Les dades *inferides* són les que s'infereixen de les recollides. Hi ha moltes dades personals que es poden inferir a partir de les recollides i que tenen un gran interès per a la publicitat personalitzada. A la introducció, ja hem esmentat les inferències a partir de la localització geogràfica. Els algorismes d'inferència que s'usen no són públics, però s'han publicat nombrosos treballs de recerca que mostren què es pot arribar a fer. Un dels primers fou (Goel, Hofman i Sirer, 2012) que va demostrar experimentalment que es podien inferir l'interval d'edat, el gènere, ètnia (blanc/no blanc), el nivell educatiu i l'interval d'ingressos familiars dels usuaris a partir dels dominis de la pàgines web que visitaven.

Google recull una gran quantitat de dades personals. Algunes d'aquestes dades són proporcionades directament pels usuaris quan s'inscriuen en alguna de les seves aplicacions, com ara Gmail. La gran majoria, però, són observades a partir de l'activitat que fan els usuaris en les seves plataformes (Android, Chrome), en les seves aplicacions (Cercador, Youtube, Maps, etc.) o en una gran quantitat de webs/apps que usen les seves tecnologies publicitàries (Schmidt, 2018).

Les dades principals que es recullen d'un usuari són (Google, 2024a):

- Dades del compte a Google (nom, correu electrònic, etc.).

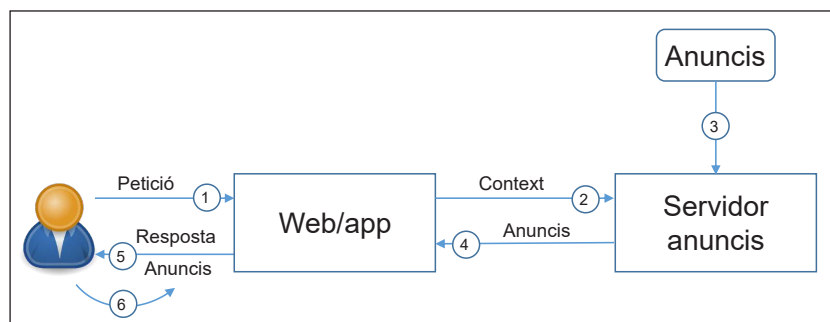


FIGURA 1. Esquema general de la publicitat contextual.
FONT: Elaboració pròpia.

— Apps, navegadors i dispositius que usa per a accedir als serveis de Google.

— Activitat que fa quan s'usen serveis de Google. Inclou, entre d'altres, termes de cerques, vídeos vistos, persones amb qui es comunica, compres que fa i reacció als anuncis mostrats per Google (visionament o no dels anuncis, clics fets, etc.).

— Activitat que fa en webs/apps de tercers que usen els serveis de Google.

— En particular, pàgines que visita en els més de trenta milions de llocs web que tenen instal·lat el servei de Google Analytics (Matomo, 2022; Schmidt, 2018). Semblantment, en les apps que tenen instal·lat un servei similar.

— L'historial de la navegació que fa en Chrome. Es tracta del navegador més popular, ja que té gairebé dues terceres parts de la quota de mercat mundial (Schmidt, 2018).

— La localització geogràfica des d'on usa els serveis de Google.

Les dades recollides són la base a partir de la qual s'infereixen trets personals dels usuaris, que són de gran interès per a la publicitat personalitzada (figura 2). Aquests trets es classifiquen en diversos tipus. Als efectes d'aquest article els més rellevants són (Google, 2024b; Vidhoarder, 2023):

1. Afinitats. Trets relatius a estils de vida, interessos i hàbits. N'hi ha de l'ordre de cent cinquanta. Exemples: sopa freqüentment fora de casa, entusiasta dels esports d'hivern, lector àvid de notícies polítiques.

2. Intencions de compra. Trets que indiquen que l'usuari s'està plantejant seriosament la possibilitat d'adquirir un servei o un producte. N'hi ha més de set-cents. Exemples: mitjons, moto usada, refinançament d'hipoteca.

3. Demogràfics. N'hi ha més de trenta. Exemples: graduat universitari, treballador en una empresa petita, pare d'adolescents.

4. Esdeveniments vitals. Moments importants en la vida de les persones. N'hi ha uns trenta. Exemples: començant una nova feina, jubilat fa poc, a punt de traslladar-se.

4.2. Esquema general

En la publicitat personalitzada hi ha els mateixos components que en la contextual: webs/apps i un servidor d'anun-

cis. Una diferència és que ara hi ha dos tipus de webs/apps: 1) els que poden mostrar anuncis i, alhora, recullen dades personals, i 2) els que només recullen dades personals. Les dades recollides identifiquen els usuaris dels webs/apps, indiquen l'activitat que hi fan i s'usen per a inferir-ne els trets personals (CMA, 2020). Les dades personals poden ser usades per a servir anuncis en qualsevol web/app.

Igual que en el cas de la publicitat contextual, en la personalitzada els anuncis que defineixen els anunciant també inclouen el seu *públic objectiu*, que ara consisteix en un conjunt de trets personals. El servidor d'anuncis ha d'enviar anuncis als webs/apps que els estiguin usant persones amb uns trets personals que encaixin amb el públic objectiu de l'anunci.

Per exemple, un anunciant podria definir un anunci amb el públic objectiu següent (CMA, 2020):

- Dona.
- Edat entre vint-i-cinc i quaranta anys.
- Graduada universitària.
- Té un habitatge en propietat.
- Té parella.
- No és mare.
- Li agraden els animals domèstics.
- Interessada en ordinadors de sobretaula.

La figura 3 mostra un esquema general de la publicitat personalitzada. El funcionament es pot resumir en els passos següents (les xifres es corresponen amb les de les fletxes de la figura):

1. L'usuari fa una petició al web/app que està usant. Per exemple, demana una pàgina en un mitjà de comunicació digital.
2. El web/app prepara la resposta a la petició i, si escau, demana al servidor d'anuncis els anuncis que ha d'inserir en la resposta. La petició inclou un identificador de l'usuari.
3. El servidor d'anuncis accedeix a les dades personals de l'usuari.
4. El servidor d'anuncis s'assabenta dels anuncis que hi ha, amb els seus públics objectius corresponents, selecciona els que encaixen amb els trets personals de l'usuari i decideix quins s'han de mostrar en el web/app.
5. El servidor d'anuncis envia al web/app els anuncis que s'han d'incloure en la resposta.

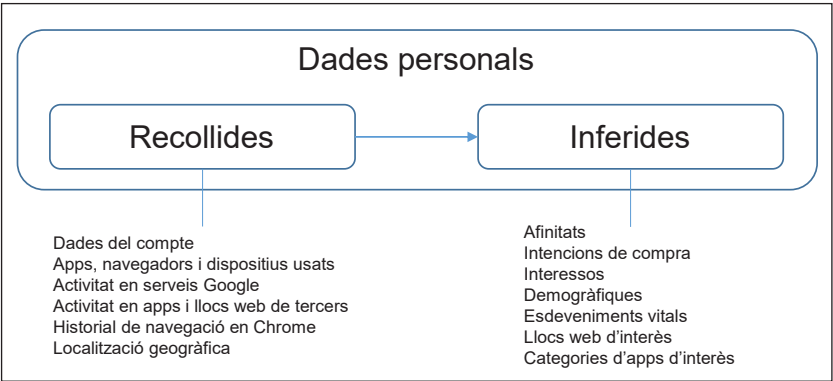


FIGURA 2. Dades personals en Google.
FONT: Elaboració pròpia a partir de Google, 2024a i 2024b.

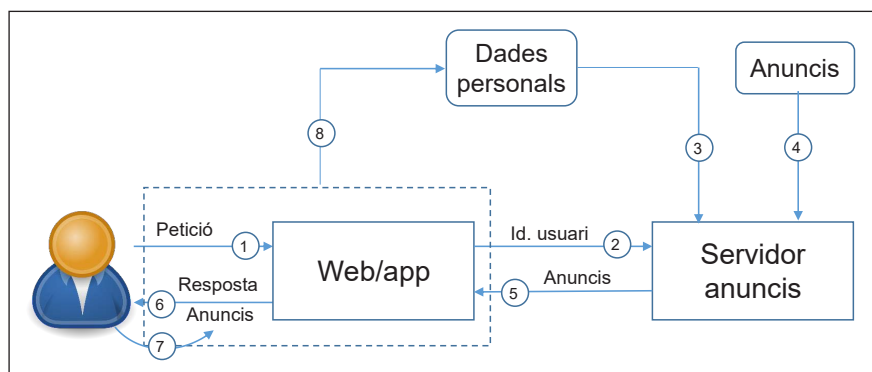


FIGURA 3. Esquema general de la publicitat personalitzada.

FONT: Elaboració pròpia.

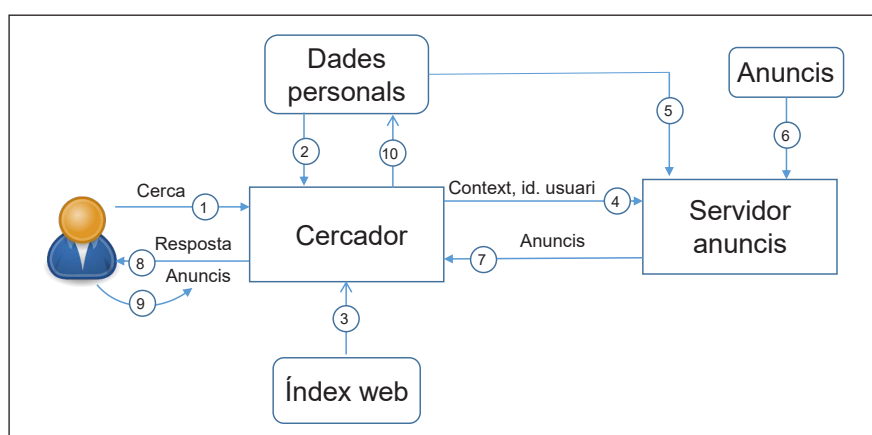


FIGURA 4. Esquema general del cercador Google.

FONT: Elaboració pròpia.

6. El web/app incorpora els anuncis rebuts a la resposta que havia preparat, i ho mostra a l'usuari.

7. L'usuari reacciona d'alguna manera als anuncis que es poden haver mostrat (els ignora, els veu durant una estona, els clica, etc.).

8. El web/app recull dades de l'activitat feta per l'usuari (inclosa la reacció als anuncis, si n'hi ha) i s'incorporen a les dades personals.

En la publicitat personalitzada s'acostuma a tenir també en compte el context, però no ho hem inclòs en la figura 3 per millorar-ne la claredat.

4.3. El cercador de Google

El cercador de Google té el 91 % del mercat mundial de cercadors per Internet. El següent és Bing, que en té el 4 % (Statcounter, 2024). El 2023, els ingressos de Google pel seu cercador van ser de 175 milers de milions de dòlars, xifra que representa el 74 % dels ingressos que té per publicitat (Google, 2024c). Aquestes xifres expliquen la importància del cercador per al conjunt d'usuaris d'Internet,⁴ per als anunciants i per a Google.

La figura 4 mostra l'esquema general del cercador, centrat només en els aspectes de la privacitat i la publicitat

personalitzada. És un cas particular de l'esquema mostrat en la figura 3, perquè el cercador i el servidor d'anuncis són propis de Google. També ho són l'índex web i les dades personals. A més, els anuncis els defineixen els anunciants amb mitjans proporcionats per Google.

El funcionament del cercador es pot resumir amb els passos següents (les xifres es corresponen amb les de les fletxes de la figura) (Google, 2022):

1. Un usuari escriu les paraules de la cerca que vol fer i demana al cercador que li proporcionï una llista de pàgines web relacionades amb aquelles paraules.

2. El cercador accedeix a les dades personals de l'usuari que poden ser rellevants per a la cerca. Per exemple, cerques que ha fet anteriorment, que poden ajudar a entendre la cerca actual, o la seva localització geogràfica.

3. El cercador accedeix a l'índex de pàgines web i obté els resultats de la cerca.

4. El cercador demana al servidor d'anuncis que proporcionï els anuncis que cal incloure en la pàgina de resultats. En la petició inclou el context (que inclou la cerca) i l'identificador de l'usuari.

5. El servidor obté les dades personals de l'usuari que són rellevants per a seleccionar els anuncis.

6. El servidor s'assabenta dels anuncis que hi ha, amb els seus públics objectius corresponents, selecciona els que encaixen amb el context i els trets personals de l'usuari rebut i decideix quins s'han de mostrar en la resposta del cercador.

7. El servidor envia al cercador els anuncis que s'han d'incloure en la resposta.

4. Un indicador més d'aquesta importància és l'adopció en diverses llengües d'un verb amb el significat de cercar a Google, *googlejar* en català (TERMCAT).

8. El cercador mostra a l'usuari la pàgina amb els anuncis i la resposta a la cerca demanada.

9. Si escau, l'usuari clica els anuncis que es mostren. En aquest cercador, els anunciants paguen només si els usuaris cliquen els anuncis.

10. El cercador afegeix a les dades personals la cerca feta i l'acció que ha fet l'usuari amb els anuncis mostrats.

5. El model de negoci de la publicitat personalitzada

El marc general descrit anteriorment mostra els components principals que intervenen en la publicitat personalitzada, però no mostra els *actors* que hi intervenen ni què hi fan. Aquest és l'objectiu dels anomenats *models de negoci* (Wieringa i Gordijn, 2022). La figura 5 en mostra una versió per a la publicitat personalitzada.

Els actors principals són quatre:

- Editors. En el context d'Internet, un editor és una entitat que produeix i difon contingut digital en els seus webs/apps o plataformes com ara YouTube o Facebook. Els editors intervenen en la publicitat digital si en el contingut inclouen espais per a anuncis o si recullen dades dels usuaris per a tercers (Clearcode, 2022; Schmidt, 2018).

- Usuaris. Són les persones que usen els webs/apps proporcionats pels editors.

- Anunciants. Són les empreses o organitzacions que volen mostrar anuncis dels seus productes o serveis en els webs/apps.

- Gestor del servidor d'anuncis.⁵ Conjunt d'una o més empreses que gestiona el servidor d'anuncis i el tractament de les dades personals.

En la publicitat personalitzada, Google té dos papers. Per una banda, és un editor que proporciona serveis com ara el cercador, YouTube, Google shopping o Maps, i, per l'altra, és el gestor d'un servidor d'anuncis que proporciona serveis a molts anunciants (Armitage *et al.*, 2023).

Les relacions entre els actors indiquen què proporcionen i què obtenen els uns dels altres. Per exemple, en la figura 5, la relació anuncis entre anunciants i el gestor indica que els anunciants proporcionen anuncis al gestor.

Entre els anunciants i el gestor hi ha tres relacions principals:

1. Els comerciants proporcionen al gestor els anuncis que volen publicar amb les condicions econòmiques i el públic objectiu corresponents.

2. El gestor proporciona als anunciants els visionaments dels seus anuncis en webs/apps i accions que hi han fet els usuaris, com ara clics, visionaments de vídeos o compres.

3. Els anunciants paguen al gestor els imports que s'hagin acordat per les accions que els usuaris han fet amb els anuncis.

Entre els editors i el gestor hi ha quatre relacions principals:

1. El gestor envia anuncis als editors per tal que els incloguin en els webs/apps.

2. Els editors proporcionen al gestor els visionaments d'anuncis que han fet els usuaris i les accions que hi han fet.

3. El gestor paga als editors els imports que s'hagin acordat pels anuncis.

4. Els editors recullen dades personals dels usuaris que usen els seus webs/apps i les proporcionen al gestor.

Entre els editors i els usuaris hi ha quatre relacions principals:

1. Els editors proporcionen als usuaris els serveis dels seus webs/apps.

2. Els editors mostren als usuaris anuncis.

3. Els usuaris proporcionen als editors visionaments dels anuncis que han rebut i les accions que hi han fet.

4. Els usuaris proporcionen als editors dades personals seves provinents dels usos que han fet dels seus webs/apps.

Finalment, entre els anunciants i els usuaris també hi ha dues relacions principals:

1. Els anunciants proporcionen els productes o serveis que compren els usuaris als anunciants.

2. Els usuaris paguen als anunciants pels productes o serveis que han comprat.

El model de negoci de la publicitat contextual és el mateix que el de la personalitzada (figura 5), excepte que *no* hi ha els fluxos de dades personals (en vermell a la figura) entre els usuaris i editors, i entre aquests i el gestor.

El model de la figura 5 permet veure d'una manera més completa que l'habitual quin és el paper dels usuaris en la publicitat personalitzada. En efecte, normalment es considera que, en aquesta publicitat, els usuaris obtenen de franc serveis dels editors a canvi de veure uns quants anuncis i de cedir algunes dades personals. A vegades, sorprèn que això pugui passar a gran escala perquè els usuaris acostumen a valorar força la seva privacitat, cosa que es contradiu amb la renúncia que hi fan molt sovint quan usen els webs/apps. És el que s'anomena la *paradoxa de la privacitat* (Barth i de Jong, 2017).

El model, però, mostra que aquesta visió és incompleta. S'hi han d'afegir els fluxos entre els usuaris i els anunciants: els usuaris compren productes o serveis als anunciants i els paguen. Els anunciants paguen les campanyes publicitàries (gestor, editors) amb els diners que obtenen dels compradors. Naturalment, no tots els usuaris que veuen anuncis compren i, alhora, hi pot haver compradors que no hagin vist cap anunci. Els serveis que obtenen els usuaris individualment els paguen el conjunt dels compradors.

Des del punt de vista dels usuaris, el model proporciona una visió de la publicitat personalitzada que s'assembla a la dels serveis públics, com pot ser la sanitat pública: el servei es rep de franc individualment, però es paga —normalment via impostos— col·lectivament. Hi ha, però, dues diferències importants: en els serveis públics no es cedei-

5. Per simplicitat, en direm *gestor*.

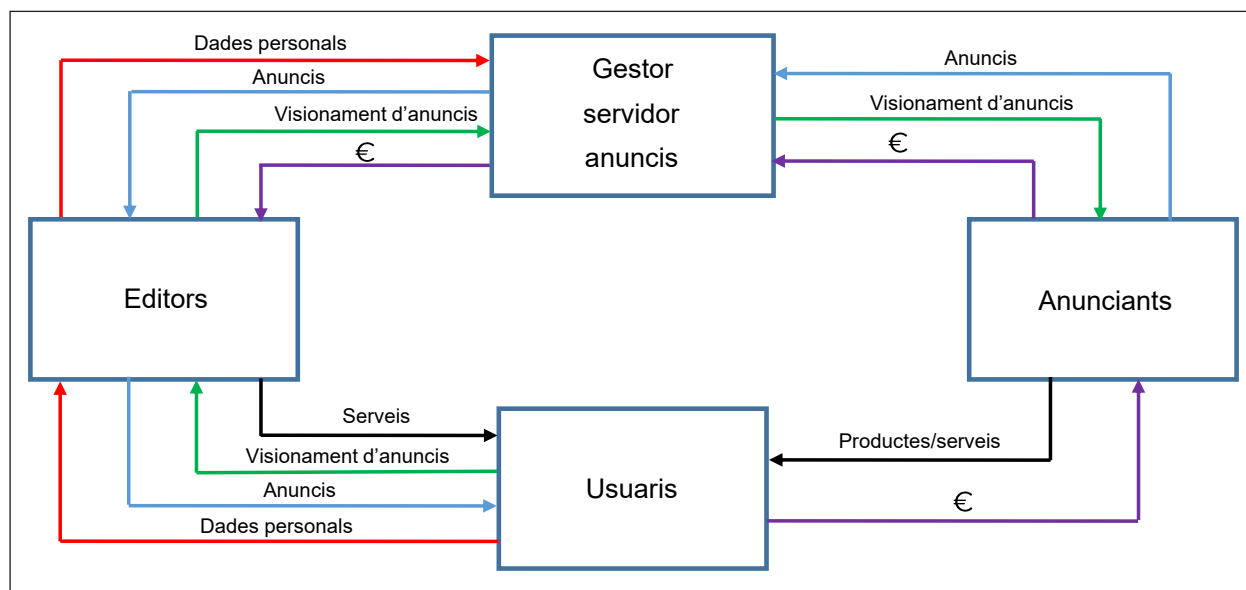


FIGURA 5. Model de negoci de la publicitat personalitzada.

FONT: Elaboració pròpia a partir de Lau, 2020; CMA, 2020; Wieringa i Gordijn, 2022.

xen dades personals per a usos publicitaris i no hi ha un servidor d'anuncis que s'hagi de pagar.

Hi ha un cas particular d'anunciants per als quals el model de la figura 5 és una mica diferent perquè no hi ha els dos fluxos entre els usuaris i els anunciants. Es tracta dels governs, agències de seguretat, grups polítics, etc. que usen el sistema de publicitat personalitzada per a fer arribar als usuaris anuncis amb propaganda o desinformació (Tau, 2024). En aquest cas, els anunciants no esperen que els usuaris comprin res, simplement volen que vegin l'anunci, i això implica que s'han de finançar per altres vies.

6. Defensa de la privacitat

En les seccions anteriors hem vist que hi ha dos tipus principals de publicitat digital: la contextual i la personalitzada. La primera no usa dades personals, mentre que la segona en fa un ús extensiu. Ara per ara, a la pràctica, la personalitzada és majoritària.

L'impacte de la publicitat personalitzada en la privacitat és obvi, i això explica que s'hagin generat moltes iniciatives, personals i col·lectives, amb l'objectiu d'evitar o minimitzar aquest impacte. Fins ara l'èxit ha estat molt limitat (Armitage *et al.*, 2023). Les solucions més efectives han de provenir d'organismes legislatius com ara el Parlament Europeu. L'RGPD, aprovat per aquest Parlament l'any 2016, fou un pas endavant molt important, però no suficient.

Hi ha alguns àmbits en què es pot actuar directament sobre la publicitat personalitzada. Dos d'aquests àmbits són l'individual i el de les administracions i entitats públiques. A continuació, s'enumeren breument, i sense pretensions d'exhaustivitat, activitats que es poden fer en aquests dos àmbits i els objectius que es podrien aconseguir.

6.1. Individual

En principi, les activitats individuals tenen un efecte global mínim, però són útils per a protegir la privacitat de les persones concretes que les fan. Alhora, poden servir d'estímul per a altres persones i ser una llavor d'iniciatives col·lectives.

D'entre les accions que s'han proposat en aquest àmbit hi ha (vegeu-ne els detalls a Véliz, 2021; Olivé, 2023; Tau, 2024):

- Usar el programari que reculli menys dades personals o no en reculli. Inclou el navegador, el cercador, el gestor de correu, l'app de mapes, l'app de missatgeria i les apps de jocs, entre d'altres.
- Comprovar les opcions existents en la configuració dels dispositius i programari usats, i escollir les que protegeixen més la privacitat. En particular, desactivar la publicitat personalitzada i esborrar les dades personals en tots els llocs en què es pugui fer.
- Usar bloquejadors d'anuncis.
- Usar bloquejadors de rastrejadors.
- Quan un web demani el consentiment de galetes, acceptar només les essencials.
- Usar una VPN (xarxa privada virtual).⁶

6.2. Administracions i entitats públiques

Les administracions i les entitats públiques són responsables de molts webs/apps, destinats a finalitats molt diverses, i que són usats per molts ciutadans. Un objectiu significatiu en la defensa de la privacitat podria ser que les

6. Vegeu, per exemple, <https://www.softcatala.org/guia-autodefensa-digital/#vpn>.

administracions i les entitats públiques no participin de cap manera en la publicitat personalitzada. En principi, sembla que, en societats governades democràticament, les organitzacions d'usuaris podrien arribar a convèncer els governants de la necessitat de compartir i d'assolir l'objectiu indicat.

L'objectiu s'assoleix si se satisfan dues condicions:

1. Els webs/apps de les administracions i de les entitats públiques no inclouen cap element que permeti a tercers identificar les persones que els usen.
2. Les campanyes publicitàries que, si escau, fan les administracions i entitats públiques mostren només anuncis contextuals.

7. Conclusions

Aquest article mostra que la publicitat personalitzada constitueix una amenaça a la privacitat dels usuaris de molts webs/apps. Algunes persones i alguns grups consideren aquest problema tan greu que arriben a reclamar-ne una regulació més estricta que l'actual o, simplement, a demanar-ne la prohibició.

Els canvis, però, són difícils i només seran possibles si els demanen moltes més persones i s'organitzen per aconseguir-los. L'objectiu de l'article és simplement proporcionar una descripció molt simplificada, però suficient, de la publicitat personalitzada, que hauria d'afavorir el coneixement, la reflexió i l'acció individual i col·lectiva, de les persones que vulguin defensar el seu dret a la privacitat en aquest àmbit.

L'article descriu un esquema general de la publicitat contextual i un altre de la personalitzada, que faciliten la comparació entre les dues. La primera només té en compte el context en què s'usa el web/app. La segona, en canvi, té en compte els trets de les persones a qui va destinada i, per tant, requereix la recollida, el tractament i l'emmagatzemament de dades personals dels usuaris de webs/apps.

L'article mostra també l'esquema general d'un cas particular de la publicitat personalitzada: el cercador de Google. Aquesta consideració específica està justificada per l'alt nombre de cerques que s'hi fan, d'anuncis que els anunciants hi volen publicar, d'anuncis que s'hi publiquen i d'ingressos que n'obté Google.

A continuació, hem exposat el model de negoci en què es basa la publicitat personalitzada, que és clau per a entendre-la. El model mostra clarament dos aspectes del paper dels usuaris en aquesta publicitat. Per una banda, com es reconeix sovint, els usuaris reben de franc serveis dels webs/apps dels editors a canvi de donar-los dades personals i de veure anuncis. Però n'hi ha una altra, que s'acostuma a ignorar, que és que el cost de la publicitat el paguen els compradors dels productes o serveis anunciats.

L'article acaba amb una consideració breu de les possibilitats de defensa de la privacitat. S'esmenta què s'hi pot fer individualment i acaba amb una proposta de defensa a escala de les administracions i entitats públiques.

Agraïments

Vull donar les gràcies a l'Arnau, al Marc i als revisors pels comentaris que m'han fet a versions anteriors d'aquest text, i que m'han permès millorar-lo.

Bibliografia

- ARMITAGE, C.; BOTTON, N.; DEJEU-CASTANG, L.; LEMOINE, L. (2023). *Study on the impact of recent developments in digital advertising on privacy, publishers and advertisers - Final report* [en línia]. Brussel·les: Publications Office of the European Union, European Commission, Directorate-General for Communications Networks, Content and Technology. <<https://data.europa.eu/doi/10.2759/294673>> [Consulta: octubre 2024].
- BARTH, S.; JONG, M. de (2017). «The privacy paradox – Investigating discrepancies between expressed privacy concerns and actual online behavior – A systematic literature review». *Telematics and Informatics*, núm. 34 (7), p. 1038-1058. <<https://doi.org/10.1016/j.tele.2017.04.013>>.
- CLEARCODE (2022). *The AdTech Book* [en línia]. <<https://adtechbook.clearcode.cc/>> [Consulta: octubre 2024].
- CMA = COMPETITION AND MARKETS AUTHORITY (2020). *Online platforms and digital advertising market study* [en línia]. <<https://www.gov.uk/cma-cases/online-platforms-and-digital-advertising-market-study>> [Consulta: octubre 2024].
- CYPHERS, B.; SCHWARTZ, A. (2022). *Ban online behavioral advertising* [en línia]. Electronic Frontier Foundation. <<https://www.eff.org/deeplinks/2022/03/ban-online-behavioral-advertising>> [Consulta: octubre 2024].
- DAYEN, D. (2018). «Ban targeted advertising». *The New Republic* (10 abril) [en línia]. <<https://newrepublic.com/article/147887/ban-targeted-advertising-facebook-google>> [Consulta: octubre 2024].
- FTC = FEDERAL TRADE COMMISSION (2024). *A look behind the screens: Examining the data practices of social media and video streaming services* [en línia]. <https://www.ftc.gov/system/files/ftc_gov/pdf/Social-Media-6b-Report-9-11-2024.pdf> [Consulta: octubre 2024].
- GOEL, S.; HOFMAN, J. M.; SIRER, M. I. (2012). «Who does what on the web: A large-scale study of browsing behavior». *A: Proceedings of the International AAAI Conference on Web and Social Media* [en línia]. <<https://ojs.aaai.org/index.php/ICWSM/article/download/14266/14115>> [Consulta: octubre 2024].
- GOOGLE (2022). *Unlock the power of search: Inside Google AI-powered ads* [en línia]. <https://services.google.com/fh/files/misc/unlock_the_power_of_search_2022.pdf> [Consulta: octubre 2024].
- (2024a). *Google Privacy Policy* [en línia]. <<https://policies.google.com/privacy#infocollect>> [Consulta: octubre 2024].
- (2024b). *Sobre els segments de públic* [en línia]. <<https://support.google.com/google-ads/answer/2497941>> [Consulta: octubre 2024].

- GOOGLE (2024c). *Alphabet/Google Annual Report 2023* [en línia]. <<https://www.statista.com/study/163755/alphabet-google-annual-report-2023/>> [Consulta: octubre 2024].
- LAU, Y. (2020). *A brief primer on the economics of targeted advertising* [en línia]. <<https://www.ftc.gov/reports/brief-primer-economics-targeted-advertising>> [Consulta: octubre 2024].
- MATOMO (2022). *Google Analytics privacy issues: Is it really that bad?* [en línia]. <<https://matomo.org/blog/2022/06/google-analytics-privacy-issues/>> [Consulta: octubre 2024].
- MCCLAINE, C.; FAVERIO, M.; ANDERSON, M.; PARK, E. (2023). *How Americans view data privacy* [en línia]. Pew Research Center. <<https://www.pewresearch.org/internet/2023/10/18/how-americans-view-data-privacy/>> [Consulta: octubre 2024].
- NOVAK, J. (2024). *What is digital marketing? Types, Strategies & best practices* [en línia]. <<https://www.forbes.com/advisor/business/what-is-digital-marketing/>> [Consulta: juny 2024].
- OLIVÉ, A. (2023). «Patrons foscos en el disseny de la interfície persona-ordinador: el cas de l'obtenció del consentiment de galetes». *Revista de Tecnologia* [en línia], núm. 11, p. 11-23. <<https://revistes.iec.cat/index.php/RTEC/article/view/150638>> [Consulta: octubre 2024].
- SCHMIDT, D. C. (2018). *Google data collection* [en línia]. <<https://digitalcontentnext.org/wp-content/uploads/2018/08/DCN-Google-Data-Collection-Paper.pdf>> [Consulta: octubre 2024].
- STATCOUNTER (2024). *Search engine market share Worldwide* [en línia]. <<https://gs.statcounter.com/search-engine-market-share>> [Consulta: octubre 2024].
- STATISTA (2024). *Digital advertising - Worldwide* [en línia]. <<https://www.statista.com/outlook/dmo/digital-advertising/worldwide>> [Consulta: octubre 2024].
- TAU, B. (2024). *Means of control: How the hidden alliance of tech and Government is creating a new American surveillance state*. Nova York: Crown. 400 p.
- VALENTINO-DEVRIES, J.; SINGER, N.; KELLER, M.; KROLIK, A. (2018). «Your apps know where you were last night, and they're not keeping it secret». *The New York Times* (10 desembre) [en línia]. <<https://www.nytimes.com/interactive/2018/12/10/business/location-data-privacy-apps.html>> [Consulta: octubre 2024].
- VÉLIZ, C. (2021). *Privacy is power*. Londres: Melville-House. 290 p.
- VIDHOARDER (2023). *The ultimate list of Google ads targeting (complete list of audiences, topics, and more!)* [en línia]. <<https://blog.vidhoarder.com/the-ultimate-list-of-google-ads-targeting>> [Consulta: octubre 2024].
- WIEDEMANN, N.; JANOWICZ, K.; RAUBAL, M.; KOUNADI, O. (2024). «Where you go is who you are: A study on machine learning based semantic privacy attacks». *Journal of Big Data*, núm. 11, p. 1-31.
- WIERINGA, R.; GORDIJN, J. (2022). *The business models of Google* [en línia]. <https://cms.thevalueengineers.nl/uploads/Whitepaper_The_business_models_of_Google_958ec00ccd.pdf> [Consulta: octubre 2024].

TECNOLOGIA, TECNOÈTICA I CODI DEONTOLÒGIC DOCENT

Antoni Hernández-Fernández

Institut de Ciències de l'Educació. Universitat Politècnica de Catalunya. antonio.hernandez@upc.edu

Resum: Aquest article explora el concepte de *tecnòetica* encunyat per Mario Bunge, que connecta el desenvolupament tecnològic amb les seves implicacions ètiques i socials. S'examina la necessitat de tenir en compte aquests aspectes en l'educació, especialment a través del Codi Deontològic Docent (CDD) del Col·legi Oficial de Doctors i Llicenciats en Filosofia i Lletres i en Ciències de Catalunya, que inclou explícitament un compromís amb l'ús responsable de la tecnologia. El CDD estableix una sèrie de normes perquè els docents siguin models de comportament tecnològic i digital, assegurant la seguretat i privacitat de l'alumnat en l'ús de la tecnologia. En el context d'una societat cada cop més digital, es defensa que la formació en tecnòetica hauria de ser una part essencial del currículum per garantir que els estudiants desenvolupin una comprensió profunda de l'impacte social i ètic de la tecnologia.

Paraules clau: tecnologia, tecnòetica, Codi Deontològic Docent, ètica, educació.

TECHNOLOGY, TECHNOETHICS AND THE TEACHING CODE OF ETHICS

Abstract: This article delves into the concept of *technoethics* coined by Mario Bunge, linking technological development to its ethical and social implications. It examines the need to consider these aspects in education, especially through the Teaching Code of Ethics (CDD, from the Catalan) approved in Catalonia by the Official Association of Doctors and Licentiates in Philosophy and Letters and in Sciences of Catalonia, which includes a commitment to the responsible use of technology. The CDD outlines guidelines for teachers to act as models of technological and digital behavior, ensuring student safety and privacy in technology use. This article postulates that, in an increasingly digital society, technoethics training should form an essential part of the curriculum to ensure that students develop a deep understanding of the social and ethical impact of technology.

Keywords: technology, technoethics, Teaching Code of Ethics, deontology, education.

Mario Bunge va definir la *tecnologia* com el camp de coneixement que s'ocupa del disseny d'artefactes, així com de planificar-ne la realització i el manteniment a la llum de la ciència, desenvolupant una concepció sistèmica i precisa de la tecnologia, vinculada a la societat (Bunge, 2013). A més, a la seva cèlebre conferència a Haifa, el desembre de 1974, de la qual justament s'acaba de complir mig segle, va encunyar el terme *tecnòetica* per referir-se al camp d'estudi que explora les implicacions ètiques i socials de la tecnologia, centrant-se en com el seu desenvolupament, ús i difusió impacten en els individus i en la societat (Bunge, 2019).

D'altra banda, la *deontologia* és «l'estudi o tractat dels deures i de l'ètica professionals».¹ Un codi deontològic docent (CDD) per definició inclou, llavors, els elements fonamentals dels deures i l'ètica professional dels docents, amb un esperit universal i universalitzador, ajustat al context de la societat (Ardila i Hernández-

Fernández, 2024). A Catalunya, el 29 de juny de 2021 la Junta General del Col·legi Oficial de Doctors i Llicenciats en Filosofia i Lletres i en Ciències de Catalunya (CODFLCC) va aprovar un dels primers codis deontològics que tenia en consideració una reflexió específica sobre l'ús responsable i ètic de la tecnologia.² Es tracta d'un CDD desconegut, malauradament, per bona part del professorat.

Val la pena revisar-lo. Aquell CDD s'estructura al voltant de cinc compromisos generals: amb l'alumnat, la professió docent, el coneixement, la societat i, per acabar, l'ús responsable i ètic de la tecnologia, sobre el que literalment es diu, i reproduïm aquí íntegrament (CODFLCC, 2021, p. 12-13):

Compromís amb l'ús responsable i ètic de la tecnologia

Ens trobem en una societat canviant, en què l'ús de les tecnologies de la informació i la comunicació en l'educació és imprescindible. Però, atès que l'alumnat és un col·lectiu

1. <https://dlc.iec.cat/Results?DecEntradaText=deontologia>.

2. <https://www.cdl.cat/codi-deontologic-de-la-professio-docent>.

molt vulnerable, cal que l'ús que se'n faci a les aules sigui normalitzat i, al mateix temps, regulat, per evitar conductes de risc associades i fomentar les bones pràctiques digitals que afavoreixin l'autonomia dels alumnes.

La tecnologia, cada vegada més, té un paper protagonista a les aules, ja que ens trobem en una societat plenament digital. Per això és necessària una alfabetització digital, tenint en compte també els riscos que se'n deriven.

Les noves eines tecnològiques són fonamentals per a un correcte desenvolupament educatiu i generen molts beneficis, però és essencial saber-les utilitzar. El simple ús d'aquestes eines no garanteix una educació de qualitat i pot afectar negativament l'alumnat; per tant, cal considerar l'impacte que pot provocar i fomentar-ne un ús responsable.

Els docents han de considerar l'impacte de consumir, crear, distribuir i comunicar informació a través de totes les tecnologies, i han de mantenir els límits adequats de temps, lloc i funció. Per això, cal:

- Estar al corrent de les tendències i els usos actuals de la tecnologia escolar (pissarres digitals, panells, nou programari, etc.) i actualitzar-ne els coneixements.

- Saber accedir a la documentació i a altres materials, i reconèixer i prevenir el plagi de docents i estudiants.

- Conèixer i respectar les lleis i altres normatives sobre l'ús de la tecnologia i la comunicació, en especial quan comporten la gestió de dades personals, en què cal garantir-ne la confidencialitat, i fer-ne una aplicació correcta a l'hora de compartir registres electrònics dels estudiants i d'altres membres de la comunitat educativa.

- Ser prudents en l'ús de xarxes socials i mantenir perfils virtuals que mantinguin la separació entre la vida personal i la professional. Els docents han de ser conscients que són persones que poden ser models de conducta i que els seus perfils a les xarxes socials són —o poden ser— visibles per altres membres de la comunitat educativa.

- Fer un ús adequat del llenguatge d'imatges i símbols a les xarxes i també fer-ne pedagogia amb l'alumnat.

Els docents han de garantir la seguretat i el benestar dels estudiants quan s'utilitza la tecnologia. Per això, cal:

- Assegurar la privadesa dels materials digitals i de les feines que es demanen a l'alumnat, i vetllar perquè allò que es demana sigui pertinent i apropiat.

- Fer un ús responsable de les eines corporatives o d'altres suficientment segures, i evitar posar en risc la privadesa dels estudiants amb recursos no validats o no prou segurs.

- Estar amatents a detectar possibles incidents de ciberassetjament entre l'alumnat i informar-ne a qui correspongui per intervenir-hi.

- Fer pedagogia amb l'alumnat per evitar el mal ús de les xarxes, mitjans de comunicació i altres eines de l'entorn digital (p. ex., suplantació en el correu o en altres mitjans digitals), que puguin causar perjudicis a tercers.

- Demanar honestedat a l'alumnat en l'ús de les pantalles, amb veu i imatge, quan s'ofereixen activitats en línia, perquè ho aprofitin.

Els docents han de promoure l'ús adequat de la tecnologia en entorns educatius. Per això, cal:

- Assegurar l'accés igualitari a la tecnologia per a tots els estudiants, i evitar iniquitats per manca de recursos digitals o no ajustats a les necessitats específiques de l'alumnat.

- Fer una bona planificació de la tasca en línia amb els alumnes, que en mesuri l'esforç i el temps de dedicació.

- Aclarir els beneficis de les diverses aplicacions tecnològiques, però també les limitacions, amb col·legues, personal escolar adequat, famílies i membres de la comunitat, potenciar-ne l'ús quan implica una millora en l'aprenentatge i també fer-los compatibles i polivalents amb altres mitjans més habituals.

- Promoure aplicacions tecnològiques adequades a les necessitats individuals dels estudiants, que ajudin i millorin el procés d'ensenyament i aprenentatge.

- Fer un bon ús dels canals de comunicació amb les famílies i els companys.

Amb tot, cal tenir ben present que l'horitzó immediat va més enllà encara i que eines com la intel·ligència artificial, la robòtica i altres tecnologies avançades també agafaran protagonisme en el món educatiu. Cal que els docents sàpiguen delegar algunes tasques en la tecnologia, però sense eludir mai el compromís i la responsabilitat que tenen amb l'alumnat de manera personalitzada.

Per tant, pel que fa a l'ús responsable de la tecnologia i a com abordem aspectes com la tecnocràcia a l'aula, a Catalunya tenim en aquest CDD un marc de referència fonamental, breu i ben dissenyat (Poisson, 2009). És cert que hi ha alguns punts discutibles, pel que fa a la introducció d'aplicacions tecnològiques a l'ensenyament, i potser algunes frases no són del tot diàfanes, però va ser un CDD avançat al seu temps, respecte a altres codis deontològics docents a Europa i al món (per a una comparació vegeu el portal web de la UNESCO [2024], o per a una revisió Ardila i Hernández-Fernández, 2024).

El professorat de tecnologia hi hauria de tenir un rol de lideratge en els aspectes relacionats amb la tecnocràcia, i en les reflexions sobre temàtiques socials i d'impacte directe a l'educació, com pot ser el cas de les analítiques d'aprenentatge o la intel·ligència artificial (IA).³ No obstant això, ja a un informe del Consell d'Europa es va indicar la necessitat imperant de formar el professorat en aquest àmbit de l'ètica professional (Golubeva i Kaniš, 2017). I, malauradament, encara la deontologia no és present a la formació del professorat com caldria.

Si Bunge va alertar el 1974 sobre el subdesenvolupament de l'ètica de la tecnologia, així com de la filosofia de la tecnologia, en general (Bunge, 2019), mig segle després, de manera sorprenent, la tecnocràcia encara es troba, en molts sentits, en una fase inicial (Diéguez, 2024). No obstant això, donada la ubicuitat de la tecnologia en l'educació, aquest fet, més que una excusa, hauria de ser un repte per incloure la tecnocràcia dins l'educació tecnològica reglada (Hernández-Fernández, 2024). La relació entre l'ús responsable de la tecnologia i l'educació és fonamental a totes les disciplines. Com va plantejar el treball seminal de Mario Bunge, la tecnologia no es limita només al seu component tècnic, sinó que inclou les conseqüències socials i ètiques de la seva aplicació.

3. La mateixa definició d'intel·ligència artificial ja va ser controvertida des dels orígens; vegeu-ne la definició del grup d'experts de la Comissió Europea (Smuha, 2019), o bé per a una reflexió sobre aquesta qüestió Hernández-Fernández i Ferrer-i-Cancho (2023).

TAULA 1

Llista de possibles temàtiques de tecnòtica que es poden tractar a l'ensenyament obligatori, amb un enfocament general per a primària i secundària

Temàtiques de tecnòtica	Enfocament en educació primària	Enfocament en educació secundària
Ús responsable de la tecnologia	Introducció a les normes bàsiques d'ús segur de dispositius (temps de pantalla, ús adequat d'aplicacions educatives, netiqueta,* desconfiar de desconeguts...).	Anàlisi de les conseqüències legals i penals de l'ús inadequat (temps d'ús excessiu, addicció, ciberassetjament...) i debat sobre l'etiqueta i l'autocontrol en l'ús de dispositius.
Privacitat i protecció de dades	Explicació bàsica sobre què és la privacitat en línia (no compartir informació personal).	Estudi de les polítiques de privacitat de xarxes socials i altres serveis digitals; introducció a la protecció de dades i a la seguretat en línia.
Ciberseguretat i prevenció del ciberassetjament	Explicació de normes bàsiques per evitar el ciberassetjament; consells per informar de situacions incòmodes en línia.	Anàlisi crítica de casos de ciberassetjament i tallers sobre com prevenir el ciberassetjament i respondre-hi; introducció als riscos de seguretat en l'ús de dispositius i aplicacions.
Consum i creació de contingut digital segur	Creació de contingut digital positiu amb aplicacions senzilles (p. ex. dibuixos, presentacions, vídeos...).	Reflexió sobre la creació de contingut responsable i respectuós a les xarxes; introducció a les llicències creatives i a la propietat intel·lectual.
Intel·ligència artificial (IA) i biaixos	Introducció a què és la IA, discutint-ne la mateixa definició i els subtipus, amb exemples senzills i aplicacions educatives amb programari de codi obert i que no emmagatzemi dades personals. Anàlisi dels biaixos i l'autoimatge.	Discussió sobre els possibles biaixos en algorismes d'IA i les implicacions ètiques en l'ús d'IA en el sector educatiu, i altres àmbits socials (vehicle autònom, seguretat...). Utilització únicament d'IA generativa de codi obert i entrenada legalment.
Impacte social de la tecnologia	Reflexió sobre com la tecnologia pot ajudar en la vida diària, les persones, la cultura i les comunitats (p. ex., pròtesis, aplicacions lingüístiques, educatives...).	Debat sobre les implicacions socials de les tecnologies emergents, en les llengües, en les cultures, en el món laboral i en les relacions socials.
Identitat digital i imatge personal	Explicació sobre com crear una imatge positiva en línia (ús responsable de fotografies i missatges).	Estudi de la identitat digital i el seu impacte en la reputació; gestió de la privacitat en perfils de xarxes socials i altres plataformes.
Decreixement, sostenibilitat i obsolescència tecnològica	Introducció a la reducció del consum, al decreixement i al reciclatge d'aparells electrònics i a la reutilització de materials tecnològics.	Discussió sobre l'obsolescència programada i el reciclatge de dispositius; reflexió sobre l'impacte mediambiental de la producció tecnològica, i sobre la necessitat futura del decreixement <i>versus</i> el mite del desenvolupament sostenible.
Bioteχνologies	Introducció al concepte de <i>biotecnologia</i> , a l'enginyeria de teixits i a com les tecnologies s'integren al cos per a millorar la salut (implants, pròtesis, vàlvules...).	Reflexió sobre les biotecnologies a la salut, així com debat social sobre la millora humana i el transhumanisme.
Tecnologies bèl·liques	Introducció bàsica a la diferència entre tecnologia civil i militar, i la importància d'usar la tecnologia per a la pau.	Anàlisi de l'impacte de la tecnologia militar en la societat; debat sobre l'ètica de la recerca tecnològica amb fins militars, les tecnologies de doble ús i les implicacions en conflictes globals.
Prevenció d'addiccions en línia	Explicació de les conductes de risc associades a l'ús excessiu de la tecnologia (jocs); recomanacions per establir hàbits saludables amb dispositius.	Discussió sobre els efectes de l'addicció a les xarxes socials, pornografia, compres compulsives, jocs en línia i altres plataformes digitals; estratègies per a mantenir un equilibri en l'ús de la tecnologia.
Control social i vigilància digital	Introducció senzilla a la idea que la tecnologia pot monitorar certs comportaments en la realitat (p. ex., càmeres de seguretat en espais públics per a la seguretat) i virtualment (seguiment del que fem a Internet).	Reflexió crítica sobre la vigilància als espais públics i al món digital, i el control social: estudis de casos sobre l'ús de dades personals per governs i empreses; debat sobre els límits de la privacitat en la societat digital.

* En general, entenem per *netiqueta* les bones maneres i el bon comportament en el món digital.

FONT: Elaboració pròpia.

A l'àmbit educatiu, la tecnologia, entesa en un sentit ampli (l'escriptura o la impremta són tecnologia), no només facilita l'accés al coneixement i permet la millora de les metodologies d'ensenyament, sinó que també comporta desafiaments ètics importants. Així, per exemple, l'ús de la IA, i altres tecnologies emergents, planteja qüestions que requereixen una reflexió crítica especial per part del professorat, com poden ser: el respecte a la privacitat de les dades de l'alumnat, la influència en el pensament crític

i l'autonomia dels biaixos d'aquestes tecnologies (i de les empreses que hi ha al darrere), l'ús responsable i educat de les xarxes i de les eines de comunicació digital, i l'equitat d'accés a les eines tecnològiques. A tall d'exemple, en la taula 1 es recull una proposta, no exhaustiva, de diversos temes de tecnòtica que cal tractar a l'ensenyament obligatori, amb enfocaments possibles des de la primària i la secundària. Cal desvincular sempre, però, l'educació tecnològica de la mera digitalització mal entesa, de la presen-

cia massiva de pantalles a l'ensenyament: es pot fer molta educació tecnològica amb llapis i paper.

En definitiva, és imprescindible que la tecnoètica s'incorpori de manera integral en els currículums, per a capacitar les noves generacions d'una comprensió profunda no només del funcionament de la tecnologia, sinó també del seu impacte en la societat i en la democràcia (Diéguez, 2024), així com dels deures ètics que en comporta l'ús. Eduquem ciutadans èticament responsables i amb coneixement, no formem consumidors de tecnologia passius. Les possibilitats didàctiques són moltes, i no només des de les matèries de tecnologia.

Queda molta feina didàctica pendent, de desenvolupament pedagògic específic que permeti la formació tecnològica integral de l'alumnat. Un alumnat al qual no cal, d'altra banda, sobreexposar a la pantalla, especialment a la primària, quan en realitat el que necessiten, segurament, és consolidar la lectoescriptura i la competència matemàtica, tasques per a les quals els llibres i el paper s'han mostrat més eficients. Perquè igual que es fa educació viària a la canalla, encara que no pugui per edat conduir un vehicle, ja que tot-hom és com a mínim vianant, s'ha de fer una bona educació tecnològica, subministrant només les eines que necessitin, fent que els centres educatius esdevinguin entorns tecnològics segurs. Els petits futurs ciutadans que tenim a les aules es trobaran, inevitablement, en un món tecnològic cada vegada més complex per al qual els hem de preparar. La reflexió tecnoètica és fonamental, sempre adequada a l'edat i sense donar informació impròpia a la maduresa dels estudiants, ja que llavors potser, lluny d'educar, hi ha el perill de fomentar conductes no desitjades.

Tot i que segurament es podrien matisar millor alguns dels punts que hem vist més amunt, i que conté el CDD, pel que fa al compromís amb l'ús responsable i ètic de la tecnologia, tenim al nostre abast un CDD de referència (CODLFLCC, 2021) que val la pena conèixer, estudiar i aplicar.

Referències

- ARDILA, M.; HERNÁNDEZ-FERNÁNDEZ, A. (2024). *Codi deontològic docent: una perspectiva global per a una actuació local* [en línia]. Barcelona: Institut de Ciències de l'Educació. <http://hdl.handle.net/2117/416351> [Consulta: 26 novembre 2024].
- BUNGE, M. (2013 [1985]). *Pseudociencia e ideología*. 2a ed. Pamplona: Laetoli.
- (2019). *Filosofia de la tecnologia* [en línia]. Barcelona: Institut d'Estudis Catalans: UPC. <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/169030> [Consulta: 2 juliol 2025].
- CODLFLCC (2021). *Codi deontològic de la professió docent* [en línia]. <https://www.cdl.cat/codi-deontologic-de-la-professio-docent> [Consulta: 26 novembre 2024].
- DIÉGUEZ, A. (2024). *Pensar la tecnologia*. Barcelona: Shackleton.
- GOLUBEVA, M.; KANIŠ, V. (2017). *ETINED. Council of Europe Platform on Ethics, Transparency and Integrity in Education Volume 4 – Codes of conduct for teachers in Europe: A background study* [en línia]. <https://rm.coe.int/vol-4-codes-of-conduct-for-teachers-in-europe-a-background-study/168074cc72> [Consulta: 26 novembre 2024].
- HERNÁNDEZ-FERNÁNDEZ, A. (2024). «Técnicas y tecnologías útiles en el aprendizaje: De las máquinas de Skinner a la inteligencia artificial» [en línia]. A: ORGANIZACIÓN DE ESTADOS IBEROAMERICANOS PARA LA EDUCACIÓN, LA CIENCIA Y LA CULTURA (OEI). *Inteligencia artificial en la educación: Desarrollo y aplicaciones*. Madrid: OEI. <https://oei.int/wp-content/uploads/2025/04/desarrollo-ia-educacion-7.pdf> [Consulta: 1 maig 2025].
- HERNÁNDEZ-FERNÁNDEZ, A.; FERRER CANCHO, R. (2023). «Lingüística quantitativa i lleis lingüístiques: de la lingüística a la intel·ligència artificial i la tecnoètica». *Terminàlia* [en línia], núm. 27. <https://doi.org/10.2436/20.2503.01.190>.
- POISSON, M. (2009). *Guidelines for the design and effective use of teacher codes of conduct* [en línia]. París: UNESCO. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000185010_spa> [Consulta: 26 novembre 2024].
- SMUHA, N. (coord.) (2019). *A definition of AI: main capabilities and disciplines* [en línia]. Brussel·les: European Commission. <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/definition-artificial-intelligence-main-capabilities-and-scientific-disciplines> [Consulta: 1 maig 2025].
- UNESCO (2024). *Teacher codes of conduct* [en línia]. París: UNESCO. <https://etico.iiep.unesco.org/en/teacher-codes-conduct>. [Consulta: 26 novembre 2024].

LA TECNOLOGIA A L'EDUCACIÓ OBLIGATÒRIA

Sílvia Zurita i Món

Universitat Politècnica de Catalunya. silvia.zurita@upc.edu

Resum: La tecnologia és, des de 1990, una assignatura obligatòria a l'educació secundària a Catalunya. Però el seu recorregut ha estat marcat pels canvis legislatius constants i per la manca de tradició curricular. En aquest article s'analitzen les dificultats en la definició dels termes, contingut i didàctica associats a la matèria, així com els reptes de prestigi que ha enfrontat dins i fora de l'àmbit acadèmic. A més, s'ofereix una comparativa amb altres països i se subratlla la importància de l'educació tecnològica en la societat actual. Finalment, s'argumenta la necessitat d'enfortir l'ensenyament de la tecnologia com a via per a abordar desigualtats socials i fomentar les vocacions, la innovació i la iniciativa amb criteri entre l'alumnat.

Paraules clau: educació, ESO, tecnologia, enginyeria, currículum, didàctica.

TECHNOLOGY IN COMPULSORY EDUCATION

Abstract: Technology has been a mandatory subject in secondary education in Catalonia since 1990. However, its trajectory has been marked by constant legislative changes and a lack of curricular tradition. This article analyzes the difficulties in defining the terms, content, and teaching methods associated with the subject, as well as the challenges related to its prestige both inside and outside the academic field. A comparison with other countries is also provided, highlighting the importance of technological education in today's society. Lastly, the article argues for the need to strengthen the teaching of technology as a way to address social inequalities and promote vocations, innovation, and informed initiative among students.

Keywords: education, compulsory secondary education, technology, engineering, curriculum, didactics.

Una mica d'història. D'on venim i com està l'educació tecnològica

Cronologia de la tecnologia al sistema educatiu català

La tècnica acompanya la humanitat des dels inicis de la història, i les persones des del mateix moment del naixement. Tot i això, molts adults no hem rebut formació en aquest camp dins la nostra educació obligatòria, perquè la tecnologia o l'enginyeria no han estat assignatures tradicionals als sistemes educatius obligatoris.

La tecnologia va aparèixer per primera vegada com a contingut curricular de l'educació secundària obligatòria (ESO) al nostre sistema educatiu en una assignatura comuna per a tot l'alumnat amb la Llei orgànica general del sistema educatiu (LOGSE) (LOGSE, 1990). Aquesta llei d'educació del govern del PSOE, consensuada i experimentada amb les diferents comunitats autònomes de l'Estat, va derogar el 1990 la Llei general d'educació promulgada pel govern franquista el 1970.

Els continguts de la nova matèria, tant a l'educació secundària obligatòria com a batxillerat, es vinculaven a

la necessitat que tota la població adquirís una cultura general tecnològica, i a la preparació per a abordar estudis de caràcter professional. La tecnologia, especialment a batxillerat, es vinculava als estudis d'enginyeria, de manera similar a com les ciències naturals o les ciències socials es relacionen amb les diferents carreres universitàries de ciències experimentals o d'humanitats. A més, l'assignatura també tenia una vinculació clara amb estudis posteriors de formació professional, més breus i amb una orientació clarament professionalitzadora dins l'àmbit industrial.

A la nova educació secundària obligatòria que estrenava la LOGSE, l'assignatura tenia la consideració de matèria comuna amb les mateixes atribucions i dedicació horària que les matèries de ciències naturals i de ciències socials i presència als quatre cursos d'ESO. En el batxillerat es va crear la modalitat de tecnologia, que incloïa assignatures modalitat de dos cursos com dibuix tècnic, tecnologia industrial, i d'un curs com l'electrotècnica i la mecànica, i una optativa tipificada: electrònica.

A partir d'aquesta proposta inicial, en els anys posteriors, la igualtat curricular amb altres assignatures del currículum i la presència al batxillerat s'anirà per-

dent amb l'allau de reformes i derogacions de les lleis educatives que va seguir l'aprovació de la LOGSE (vegeu la figura 1):

- La Llei orgànica de participació, avaluació i govern dels centres docents (LOPEG) (1995) va ser un complement de la LOGSE que va matisar aspectes organitzatius, però no va afectar la distribució de matèries.

- La Llei orgànica de qualitat de l'educació (LOCE) (2002) no es va arribar a implantar.

- La Llei orgànica d'educació (LOE) (2006) va limitar l'obligatorietat d'estudiar continguts de tecnologia als tres primers cursos d'ESO a Catalunya, i la deixava com a optativa a quart. El batxillerat específicament tecnològic desa-

pareixia, per a quedar englobat en la modalitat «científico-tecnològica». Deixaven d'existir també la matèria de mecànica i l'optativa d'electrònica.

- La Llei orgànica per a la millora de la qualitat educativa (LOMCE) (2013) va introduir una classificació de les matèries que reduïa la tecnologia a una assignatura «específica», i la possibilitat d'oferir-la quedava a criteri de les comunitats autònomes i del mateix centre. A diferència de les ciències o les socials, a quart d'ESO només s'oferia com a opció a l'alumnat que cursés la via «aplicada» i no «acadèmica».

Aquesta visió de la tecnologia fou denunciada per la Plataforma Estatal de Asociaciones del Profesorado de Tecnología (PEAPT), que afirmava que la llei la considerava «com una assignatura de segon o tercer nivell» (PEAPT, 2013), necessària només per a aquell alumnat no encaminat als estudis de prestigi que passen per un batxillerat i un sistema universitari. Era un tipus d'argument que ja havia estat present a les discussions que van seguir la promulgació de la LOGSE (Baigorri, coord., *et al.*, 1997), però que es materialitzava clarament en la llei promulgada pel ministre Wert.

A Catalunya l'impacte d'aquesta visió tan tradicionalista va ser limitat pel bon criteri i la capacitat de legislació de la Generalitat. La tecnologia es va mantenir com a assignatura obligatòria de primer a tercer (amb menys hores que les matèries de ciències naturals o les de ciències socials) i, a quart d'ESO, optativa per a tot l'alumnat.

- A la Llei orgànica de modificació de la llei orgànica d'educació (LOMLOE) (2022) la tecnologia canviava d'orientació i de nomenclatura: «tecnologia i digitalització» i únicament és obligatori cursar-la a un dels quatre cursos d'ESO... i aquesta vegada la capacitat legislativa de la Generalitat no ha esmorteït l'impacte legislatiu sinó al contrari.

Els problemes de la tecnologia a l'educació obligatòria

L'explicació de l'apartat anterior ens planteja una pregunta molt òbvia: en una societat tan tecnològica com la nostra, per què l'assignatura de tecnologia ha patit totes aquestes reduccions des de la seva implantació a l'educació secundària? Per què no se li dona més importància? Podem aventurar-nos a suposar algunes motivacions.

En primer lloc, la tecnologia no té una tradició curricular afermada de tants anys com les matèries més tradicionals. Això no només passa a casa nostra, és comú a la majoria de països del nostre entorn. A més, la seva implantació, ara ja fa més de trenta anys, va ocupar un espai dels horaris escolars que fins aleshores ocupaven altres matèries, i canviar les distribucions horàries sempre és un punt complex que genera reaccions adverses entre els col·lectius afectats.

Tampoc no hi ha una tradició establerta ni un consens clar i ampli sobre quins han de ser els continguts de la matèria. Amb els diferents canvis legislatius temes com l'ha-

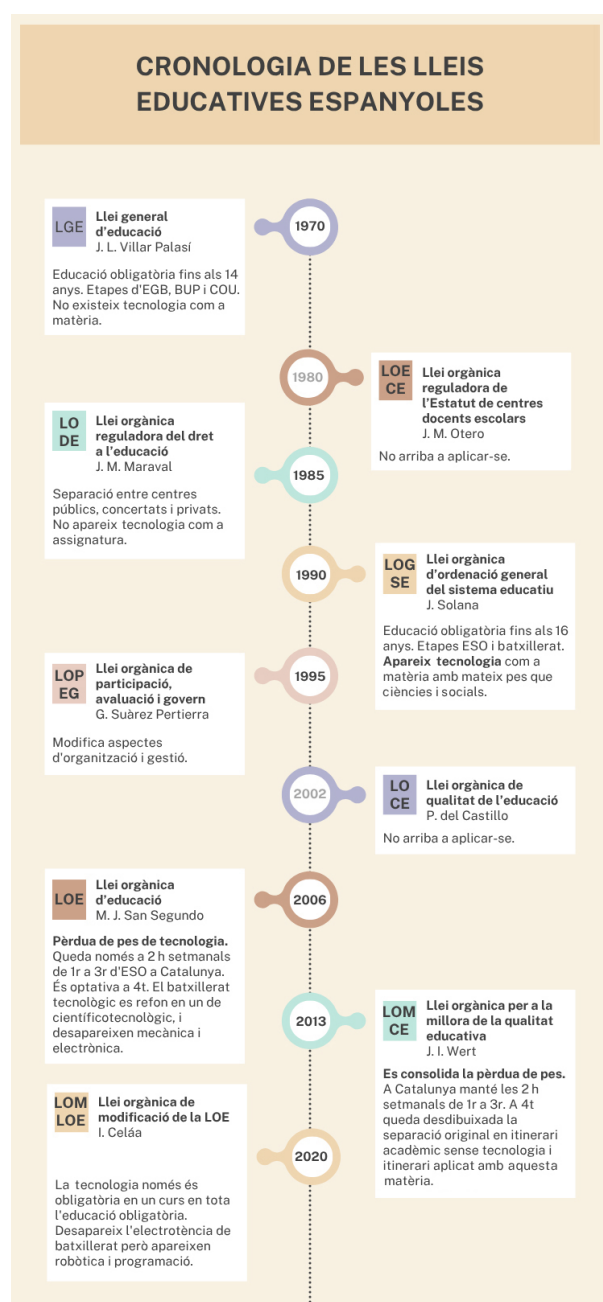


FIGURA 1. Cronologia de les lleis educatives.
FONT: Elaboració pròpia.

bitatge, la indústria tèxtil, la indústria alimentària o la informàtica han anat canviant de curs, o apareixent i desapareixent dels diferents currículums. També és cert que la «joventut» de la tecnologia té els seus avantatges, fa que no hi hagi inèrcies adquirides i es poden plantejar canvis i reflexions sense una càrrega excessiva de tradició al darrere.

Un segon tret original de la tecnologia és que una part del professorat que la imparteix no prové dels estudis universitaris teòricament vinculats a la matèria, que ja de per si són amplíssims i abracen l'arquitectura, el disseny i totes les enginyeries.

Quan es va començar a impartir la matèria als anys noranta no hi havia prou professionals de l'enginyeria, l'arquitectura o el disseny al sistema educatiu per a cobrir les necessitats de la nova matèria creada. L'opció professional de la docència a l'educació secundària no ha tingut mai una gran tradició en unes titulacions que ocupen la majoria de les primeres posicions a les llistes de professions més demandades i més ben remunerades de Catalunya (Cambra de Comerç de Barcelona, 2021).

Una part del professorat que acaba impartint tecnologia ha cursat estudis de les diferents disciplines científiques, i en alguns casos és una darrera opció professional que s'adopta perquè no hi ha disponibilitat de places de la matèria original. I, fins i tot provinent d'estudis tècnics, és habitual que no es tingui inicialment un bon coneixement de tot el currículum, tant pel que fa als coneixements conceptuals com pel que fa als procedimentals. Això, òbviament, no exclou la capacitat d'acabar d'assumir-los sobradament amb una mica d'esforç i interès.

Aquesta varietat d'òrgens acadèmics és una situació complexa que té els seus inconvenients, perquè en alguns casos genera mancances en la base de coneixements específics així com de didàctica de l'assignatura. Però també té algun avantatge, perquè genera un professorat més adaptable i creatiu que té una necessitat gran d'aprendre i adaptar-se a causa de les característiques de la matèria.

Com a tercer factor, i a causa de l'aparició tardana de l'assignatura als ensenyaments obligatoris, hi ha una part de la població que no ha cursat mai l'assignatura de tecnologia. Això fa que alguna gent no la valori com a necessària o rellevant. O que, per desconeixement, la redueixi a una assignatura secundària associada a un «treball manual» mal considerat.

Ja per acabar aquesta llista, i vinculat al punt anterior, la tecnologia a educació secundària sembla que té un problema de prestigi educatiu fins i tot entre els mateixos enginyers. L'experiència de les associacions de professorat de tecnologia en general no ha estat positiva quan els han anat a demanar suport per part del món universitari associat a l'assignatura en els moments en què s'han produït retallades de dedicació horària. Amb l'excepció molt destacada del darrer canvi curricular de la LOMLOE, les universitats amb graus d'enginyeria no havien reaccionat a la disminució d'hores o matèries de tecnologia. I aquesta actitud contrasta amb el posicionament públic ferm i clar en

premsa per part de les facultats de, per exemple, Filosofia, Filologia o de Ciències quan aquestes matèries estan afectades per retallades horàries.

Una mica de perspectiva històrica. La situació de la tecnologia al món

Hem fet fins aquí una panoràmica de l'assignatura de tecnologia al sistema educatiu estatal i català. En els propers apartats obrim el focus i fem un pas enrere per descriure la situació més general de la tecnologia i l'enginyeria a escala més global.

Està totalment reconeguda la importància que té per a l'espècie humana l'ús d'eines i la creació de ginyes artificials, fins al punt que s'ha postulat com una de les definicions d'humanitat. «L'home és l'animal que fa eines», deia Benjamin Franklin. Però ja hem vist les dificultats que trobem a Catalunya per a fer-la present a l'educació obligatòria.

Ens podem preguntar si això és o no un problema específic de casa nostra. I per a respondre a això cal anar a remenar una mica en els estudis d'història dels currículums i a les pàgines oficials de descripció dels currículums actuals per matèries.

Es podria sospitar que el desconeixement de la tecnologia i el seu poc prestigi social podrien estar especialment accentuats a l'Estat espanyol, el país del trist «que inventen ellos», d'Unamuno. A totes les societats els costa incloure al sistema escolar aquells camps del coneixement que no consideren valuosos en si mateixos. Però, d'altra banda, també es pot argumentar que un dels principals i pocs filòsofs de la tecnologia a escala mundial (Bunge, 2019) és Ortega y Gasset, que el 1964 va escriure la seva *Meditación de la técnica*.

En tot cas, la presència de la tecnologia com a assignatura menys important o directament absent del currículum, especialment a educació primària, és corrent en molts altres països, amb una tendència a corregir-se en els darrers temps. La mateixa International Technology and Engineering Educators Association (ITEEA, 2020) se'n lamenta a la seva publicació sobre estàndards per al treball de la tecnologia i l'enginyeria a l'aula.

Hi ha autors que arriben fins a la Grècia clàssica i la tradició intel·lectualista de Plató buscant les causes d'aquesta absència generalitzada dels ensenyaments aplicats a la cultura escolar occidental (Martín Gordillo i González Galbarte, 2002). Perquè el filòsof, en una societat que disposava d'esclaus per a encarregar-se de les tasques manuals més feixugues, defensava la importància de l'educació teòrica i especulativa, allunyada de referències empíriques i pràctiques.

Però també hi ha referències històriques en el sentit contrari. En ple segle XVII Comenius, considerat pare de la pedagogia i autor de la *Didáctica magna*, intenta sistematitzar per primer cop els processos educatius. A més del seu famós «*Omnes omnia omnino*»: s'ha d'ensenyar tot, a tothom (noies incloses) i totalment, proposa uns «plans d'estudi». Aquests inclouen molts temes generals, però també un ús

de l'aprenentatge aplicat a tallers que avui clarament consideràvem dins la tecnologia.

Les propostes i teories de Comenius trigarien segles a generalitzar-se. De fet, és curiós constatar que l'existència d'assignatures, currículums i assignacions horàries que trobem tan naturals a l'educació secundària actual són d'aparició relativament recent, entre finals del segle XIX i els inicis del XX depenent dels països. No cal anar fins a la Grècia clàssica de Plató. Ni Da Vinci, ni Newton ni Watt ni Pierre Curie van anar d'infants a una escola organitzada per assignatures com les nostres.

Si llegiu l'interessant llibre de Kliebard (Kliebard, 2004) sobre la història del currículum americà, veureu que els estira-i-arronses curriculars sobre quin ha de ser el contingut obligatori per a tot l'alumnat no són, ni de lluny, exclusiva nostra. Hi ha informes de la Universitat de Yale de 1828 que asseguren que no valia la pena ensenyar les llengües estrangeres, les ciències i les assignatures pràctiques a l'escola (les matemàtiques, el llatí i el grec clàssic eren considerats imprescindibles).

L'informe del Committee of Ten, l'equip de deu professors universitaris (cap dels quals no era enginyer) que va fonamentar el primer currículum oficial als Estats Units, tenia un biaix clarament humanista. Deixava fora de l'escola obligatòria tot el que anomenaven *manuals training*, els aprenentatges aplicats que algunes escoles americanes de principi de segle havien fomentat amb molt entusiasme, però que es va considerar que no eren necessaris. L'academicisme platònic seguia tenint molt bona salut a les universitats de l'altre costat de l'oceà després de mil·lennis.

Malgrat aquests antecedents, és als Estats Units on, a la segona meitat del segle XX, sorgirà un moviment important per a impulsar els estudis de caire científic, i en part tècnic, a l'escolarització obligatòria. I això és degut a dos «ensurts» nacionals de primer ordre: la constatació que molts dels científics que van intervenir en el disseny de l'armament nuclear a la Segona Guerra Mundial eren de formació europea i no americana, amb el que això hauria pogut implicar si el nazisme no n'hagués fet fugir molts. I, sobretot, la constatació amb el llançament de l'Sputnik que els soviètics estaven guanyant per golejada la cursa espacial.

Tot i que les lleis són canviants, en el moment de publicar aquest text la tecnologia és present a tota l'educació obligatòria (inclosa la primària) a diversos llocs:

— Al currículum de l'estat de Massachusetts (Massachusetts Department of Elementary and Secondary Education, 2019). Cal destacar en aquest cas tot el treball de fonamentació i argumentació fet des del museu de la ciència de Boston i liderat per Ioanis Miaoulis (Miaoulis, 2010a i 2010b), que ha treballat molts anys a favor de la presència de l'enginyeria a tota l'educació obligatòria. Podeu veure el web del seu projecte Engineering is Elementary (<https://www.eie.org/>).

— El currículum australià consultat el gener de 2023 (<https://www.australiancurriculum.edu.au/f-10-curriculum/technologies/design-and-technologies/>) considera l'àrea d'aprenentatge de *Technologies*, en plural, que se separa en dos camps:

Design and Technologies i Digital Technologies. Tots dos tenen presència i contingut a secundària i primària. És interessant consultar l'informe encarregat per Shireane McKinnie (McKinnie, 2021), sobre la presència de l'enginyeria al currículum australià.

— Al Regne Unit el primer currículum obligatori a tot l'Estat data de 1989, i s'hi introdueix la matèria de Design & Technology des dels cinc fins als setze anys. Agrupa continguts de matèries anteriors com CDT (Craft, Design and Technology), que incloïa el treball amb fusta i metall, el dibuix tècnic, l'economia domèstica, el tèxtil i la costura i l'electrònica. Podeu consultar-ne el contingut al web oficial: <https://www.stem.org.uk/resources/collection/3200/national-curriculum-design-and-technology>.

— Al currículum francès hi ha la matèria de Science et Technologie als tres darrers cursos de primària. A secundària, apareix Technologie com a separada de la física i química i de la biologia i geologia, i amb un pes equivalent a aquestes disciplines. A batxillerat apareixen com a optatives Sciences de l'Ingénieur i Numérique et Sciences Informatiques.

Si es consulten els currículums d'altres països europeus a la pàgina web d'Eurydice (<https://eacea.ec.europa.eu/national-policies/eurydice/>), es pot veure que aquesta presència no és generalitzada. És fàcil trobar països on no apareix per a res la tecnologia, d'altres on s'imparteix obligatòriament i d'altres on aquesta matèria únicament apareix com a optativa a cursos molt tardans. En general, no apareix a prop de la meitat dels països de la Unió Europea a ensenyament primari de manera explícita, i en una tercera part de casos es barreja amb altres temes tan variats com les competències digitals, l'art, les habilitats manuals, la ciència, i fins i tot amb economia domèstica.

A l'ensenyament secundari és optativa en set casos i no existeix en fins a onze dels vint-i-vuit països de la Unió Europea consultats al web d'Eurydice. Als Estats Units només és d'oferta obligatòria a dos estats, i també apareix a vegades confosa o barrejada amb les tecnologies de la informació i la comunicació (TIC), abordades des del punt de vista d'usuari, d'aprendre a fer servir programes informàtics. En tot cas, amb un plantejament molt llunyà al que seria una visió d'enginyeria, en què les eines informàtiques es fan servir per a dissenyar programes o sistemes que donen solució a problemes i necessitats ben definits.

En els darrers anys, la força que ha agafat el moviment STEM o STEAM (acrònim anglosaxó de ciència, tecnologia, enginyeria, art i matemàtiques) podria haver ajudat a revertir aquesta situació. Però la veritat és que els resultats no han estat gaire espectaculars pel que fa a la T i la E de l'acrònim. Sovint el paper de la tecnologia no ha quedat clar dins aquesta terna o, a vegades, ha quedat eclipsat per una S i una M que tenen una tradició històrica i una didàctica molt més treballada i un cos de professorat molt més homogeni i cohesionat.

Tampoc no acaba de ser clar perquè apareixen una T i una E separades a l'acrònim. Hi ha llibres escrits sobre els conceptes i definició de *tecnologia* i *enginyeria* (Bunge, 2019) i

cap acord unànime. Algunes definicions consideren que l'enginyeria fa referència als coneixements i procediments vinculats al camp de treball i coneixement, mentre que la tecnologia serien els productes d'aquesta enginyeria (Font-Agustí, 1996); d'altres que la tecnologia és un terme més ampli que el d'enginyeria i la inclou (Bunge, 2019) (Baigorri, coord., *et al.*, 1997). Però sovint es fa servir col·loquialment *tecnologia* com a sinònim dels aparells dissenyats per la tecnologia digital, i això contribueix a la confusió de termes que fa que algú consideri que introduir una tauleta a l'aula ja és treballar la tecnologia.

I ja per acabar aquest apartat, cal comentar que les competències i habilitats tecnològiques (enteses de manera genèrica, no només restringint-les a les digitals) també estan sorprenentment absents de tots els estudis comparatius internacionals d'educació. Només hem trobat constància d'un estudi fonamentat i repetit el 2014 i el 2018 per part de l'Administració educativa dels Estats Units (U. S. Department of Education. National Assessment of Educational Progress, 2018). L'estudi avalua de manera sistemàtica i extensa l'alfabetització en tecnologia i enginyeria de l'equivalent al segon d'ESO estatunidenc a partir d'una mostra de 15.400 alumnes de 600 escoles diferents. Analitza tres àrees de contingut (tecnologia i societat, disseny i sistemes, i tecnologia de la informació i la comunicació) i tres habilitats pràctiques (comprendre els principis tecnològics, desenvolupar solucions i assolir objectius, i comunicar i col·laborar).

L'existència d'aquest estudi és una molt bona notícia, perquè dona una primer model sobre com cal mesurar la qualitat del sistema educatiu pel que fa a la tecnologia. Però des que es va dur a terme per primer cop fa deu anys no tenim coneixement que cap altre país ni organisme internacional hagi posat interès a replicar-lo.

Com a conclusió d'aquest apartat, es pot afirmar que la poca quantitat de continguts tecnològics a l'educació obligatòria no és exclusiva de casa nostra. La seva presència als currículums és molt més minsa que les d'altres camps del coneixement i la cultura, no té un contingut comú clarament compartit pels diferents països, i encara avui el grau d'alfabetització tecnològica i de cultura general sobre enginyeria de tot l'alumnat és increïblement variable en funció del punt geogràfic de referència que considerem.

La visió social de la tecnologia

Abans d'entrar a argumentar per què creiem que és crítica la presència de la tecnologia a l'educació obligatòria, ens semblava interessant fer un comentari sobre la visió que en té la societat en general, més enllà de l'educació. Quines visions existeixen i conviuen a la nostra cultura pel que fa al fenomen de la modificació que fem del nostre entorn a partir del disseny, millora i construcció d'objectes artificials?

És fàcil identificar i caricaturitzar dues visions extremes, dos models exagerats i oposats que conviuen i es barregen, de manera que la majoria de la gent és capaç d'identificar i

entendre arguments racionals i emocionals provinents de tots dos (Baigorri, coord., *et al.*, 1997):

Per una banda, hi ha la visió tecnooptimista. La que argumentaria que la tecnologia és una eina de progrés i millora contínua, una mena de clau d'accés al paradís terrenal, que ens permetrà tenir una vida molt millor, lliure d'incomoditats, dolors i imprevistos. La tecnologia ens ha de venir a resoldre tots els problemes: els naturals, els generats pels humans i els creats per la mateixa tecnologia.

Es reconeix que algunes tecnologies tenen inconvenients, però es confia en la mateixa tecnologia per a superar-los. I es dona per suposada la bona intenció i el desig de solucionar problemes i cobrir necessitats darrere de l'impuls de crear nous ginys.

Representacions literàries d'aquesta línia les podeu trobar a l'obra de ciència-ficció de Jules Verne. A *L'illa misteriosa*, per exemple, els naufrags acaben construint-se una vida molt digna gràcies al seu enginy i als seus coneixements en enginyeria, i acaben convencent un amargat capità Nemo de la bondat fonamental de la humanitat... perquè són enginyers capaços de construir una vida digna en un entorn inhòspit. O els robots d'Asimov, «més humans que la humanitat».

Més que en la literatura, és fàcil reconèixer aquest relat ensucrat a la publicitat actual, que conté molt sovint referències a aquesta manera de veure la tecnologia com una cosa fonamentalment bona i atractiva en si mateixa.

Per una altra banda, hi ha la visió tecnofòbica, la dels que consideren qualsevol màquina o invent com un atemptat contra l'ordre «natural» de les coses. Sense arribar als extrems del ludisme, el moviment obrer que destrossava les màquines perquè els robaven la feina, la tecnologia sovint fa por i genera reaccions exagerades. Hi ha innombrables obres de ciència-ficció que reflecteixen aquesta impressió que la tecnologia ens deshumanitza i ens fa perdre una part important de la nostra humanitat (*Blade Runner* i la seva versió literària, *Terminator*, 2001: *Una odissea de l'espai...*), i distopies que preveuen que els avenços tecnològics ens portaran a mons totalment autoritaris i deshumanitzats (*Fahrenheit 452*, *Un món feliç*, 1984...). A *El Senyor dels Anells* mateix, l'aparició de grans màquines, engranatges i forns és un dels signes distintius dels orcs i, en general, de la presència del mal.

I cal reconèixer que els grans desastres tecnològics d'impacte mundial fomenten aquesta desconfiança: del *Titànic* a Txernòbil i Fukushima, de l'explosió del *Challenger* als vessaments de la indústria petroliera o l'explosió de la Union Carbide a Bhopal, s'ha de reconèixer que hi ha arguments més que sobrants per a fonamentar aquesta por. La tecnologia té riscos, i els moviments tecnofòbics els afronten amb la prohibició i el rebuig frontal i l'enyorança d'un passat idíl·lic que es valora acríticament i no és gens clar quan va existir. Hem tingut un darrer exemple a les notícies dels darrers cursos vinculades a la pressió d'alguns grups familiars per a aconseguir la prohibició absoluta dels dispositius mòbils a les aules.

En aquesta línia, també hi ha arguments que oposen la tecnologia a tot allò que és característicament humà. Com

si els invents els haguessin fet marciàns, com si l'orientació pràctica fos excloent i intrínsecament inferior a la reflexiva i intel·lectual, com si el treball vinculat als camps del coneixement tradicionalment etiquetats com a «humanitats» ens fes éssers més dignes i èticament superiors als que es dediquen a dissenyar i construir objectes.

En general, la posició intermèdia de valorar totes les millores i tots els avantatges que indubtablement ens ha aportat la tecnologia, sense amagar-ne els riscos (que provenen molt més del component humà que del purament tecnològic) ni la necessitat imperiosa de controlar-ne els excessos, no és tan fàcil de trobar. En aquest sentit, és molt interessant el llibre de recull d'escrits de Ginés (Ginés Gilbert, 2003). Però el testimoni més popular que se'ns acudeix per exemplificar-la és el discurs final de Charles Chaplin a *El gran dictador*.

Per què la tecnologia té sentit en educació

S'han donat diversos arguments per a justificar la presència de la tecnologia i l'enginyeria a l'educació obligatòria (Miaoulis, 2010a i 2010b) (ITEEA, 2020). Des de la Societat Catalana de Tecnologia es confirma la idea que la tecnologia i l'enginyeria han de tenir un paper rellevant en el sistema educatiu obligatori, de més qualitat que el que té en l'actualitat (Societat Catalana de Tecnologia, 2021).

Hi ha tres raons fonamentals per a aquesta defensa que enumerem aquí i desenvoluparem a continuació:

- Són una part important de la nostra cultura i, per tant, tothom hauria de tenir-ne uns coneixements mínims.
- Són una porta d'accés a treballs altament qualificats i necessaris per a la nostra societat que, a més, presenten actualment un biaix de gènere i socioeconòmic molt exagerat.
- Permeten desenvolupar capacitats i actituds importants per a tota la població.

La tecnologia és present a totes les societats humanes que han existit al llarg de la història i les han conformat, i només per això hauria de formar part de l'educació. La tecnologia és cultura humana, tant cultura i tant humana com altres camps del coneixement que normalment associem a aquest terme.

A més, agradi molt o poc, la tecnologia és especialment omnipresent al nostre món i és una de les eines que tenim per a afrontar i solucionar els problemes, les necessitats i els desitjos de les nostres comunitats. I sovint hi és tan present que, com a peixos dins l'aigua, ens és invisible (especialment quan funciona bé i de manera eficaç). Però té un paper fonamental a qualsevol societat, i és especialment rellevant a la nostra en concret.

Iannis Miaoulis (Miaoulis, 2010b) argumentava que la immensa majoria dels objectes i realitats amb què interaccionem al nostre dia a dia són tecnològicament construïdes. Si per uns instants eliminéssim tot allò fabricat de la nostra realitat, quedaríem reduïts a un grup bastant més petit de persones (molts estem vius gràcies a les tecnolo-

gies mèdiques), nues en mig d'un prat o un bosc: la roba, els edificis, els pobles i ciutats, els vehicles, els aparells... tot són objectes tecnològics que haurien desaparegut. Fem servir tecnologia constantment i, com a mínim, l'hem de conèixer i utilitzar correctament. Podem «externalitzar» el tracte que tenim amb moltes de les tecnologies presents a la nostra vida, i de fet ho fem: paguem a un mecànic perquè ens arregli el cotxe, a un arquitecte i a uns manobres perquè ens aixequin els habitatges, a uns enginyers elèctrics perquè ens construeixin les centrals i les xarxes i a un gran nombre d'empreses perquè, en general, ens suministrin tots els objectes i serveis amb què vivim. Però no podem deixar d'emprar i interaccionar, com a usuaris, amb totes aquestes creacions a la nostra feina i al nostre lleure.

Però, a més, en les darreres dècades, les tecnologies digitals han irromput de manera espectacular en el nostre dia a dia. Actualment se'ns demana que fem servir, gestionem i controlem sistemes extremament complexos, i també se'ns demana que siguem capaços de crear-los i comunicar-nos-hi. Per això, necessitem una mínima cultura tecnològica per a poder prendre decisions personals ben informades en relació amb els nostres hàbits de vida i consum personals. I no sols això. Qualsevol ciutadà interessat a entendre les decisions que es prenen a escala social i política, i a participar-hi, necessita tenir un mínim criteri fonamentat sobre els temes relacionats amb la tecnologia, sigui energètica, digital, de transport o alimentària.

El segon gran argument per a incloure la tecnologia en l'educació es relaciona amb l'accés de l'alumnat a estudis i camins professionals posteriors. Vivim en una societat amb una economia basada en la tecnologia, que necessita una força de treball amb uns perfils tècnics qualificats que requereixen uns estudis professionalitzadors o universitaris molt específics. Però les temàtiques que queden excloses del sistema educatiu resten desconegudes per aquell alumnat que no les viu en el seu entorn familiar proper, i són menys susceptibles de ser escollides com a futur camí professional.

L'accés a les carreres tècniques d'una part de la població no és només una necessitat social. És també una possibilitat personal de poder exercir una professió ben remunerada i amb una oferta important de llocs de treball per a la gent que les escull (Cambra de Comerç de Barcelona, 2021). El sistema educatiu contribueix a perpetuar les desigualtats socials quan no posa a disposició de tothom el contacte amb els camps de coneixements tecnològics que l'alumnat més desafavorit no coneixerà a casa seva.

Des de certs entorns es critica aquest enfocament més economicista de l'educació. És cert que l'ocupabilitat no pot ser mai l'únic objectiu del sistema educatiu, però sí que n'ha de ser un. I és especialment rellevant per a aquells grups socials més vulnerables. És molt fàcil dir que no cal que l'escola et prepari per al món del treball quan tens una renda familiar que t'assegura una vida còmoda, però una part del nostre alumnat no té aquest privilegi. El seu futur depèn de manera molt més crítica de la preparació que li ofereixi l'escola, i ignorar la importància que ha de tenir l'educació

obligatòria en aquest aspecte només fa que agreujar les diferències socials.

Quan es parla de la població que acaba fent estudis tècnics sovint es fa referència a la quantitat: tindrem prou enginyers o professionals industrials per a cobrir les necessitats de la societat i de les empreses en un futur? Però un altre punt central que cal destacar és la qualitat, la composició d'aquesta població: els estudiants actuals d'enginyeria o arquitectura i de mòduls professionals tècnics no són un reflex fidel de la diversitat social. Falten persones de nivells socioeconòmics baixos a les universitats tècniques, i falten moltíssimes dones a les universitats i als centres de formació professional industrial.

I això és tan greu, més enllà de la injustícia personal que representa? Doncs sí. Si aspirem a una societat justa, necessitem tenir dins el conjunt de persones que dissenyaran les tecnologies del futur representants de diferents gèneres, diferents grups socials i, en general, de diferents orígens i punts de vista.

El tercer argument que hem esmentat a l'inici d'aquest apartat té a veure amb les capacitats personals i la manera de veure el món de l'enginyeria i els tecnòlegs en general. La tecnologia no només construeix objectes, sinó que és també una manera de veure el món, una manera d'estar-hi.

El món de l'enginyeria és clarament proactiu. Localitza problemes al seu entorn, i els considera en positiu. La definició d'un problema o necessitat és el primer pas per arribar a abordar-lo i millorar la situació. No és una creu, no és un càstig del destí ni una raó perfecta per a començar a queixar-se. No és una raó per a esperar que vingui algú a solucionar-lo o, el que és encara menys constructiu, una raó per a començar a buscar un culpable sobre qui poder descarregar l'enuig. La detecció d'un problema és el primer pas cap a solucionar-lo. Estaria bé que aquesta habilitat estigués més estesa entre la població en general, i que l'hàbit de preguntar «i què? i ara, què?» o «i com ho arreglem» fos més generalitzat.

Una segona característica del món tecnològic que sovint no s'associa amb aquest entorn és la creativitat. I en aquest punt cal fer un especial èmfasi. Dissenyar i crear solucions per als problemes és, a més d'una habilitat imprescindible, una experiència creativa amb sentit en ella mateixa per a moltes persones, amb la qual estaria bé que l'escola ens posés en contacte. Massa sovint sentim arguments en què s'associa la creativitat exclusivament a l'àmbit artístic i, sense negar la importància que té en aquest camp, cal reivindicar i deixar molt clar el paper central que també té en el camp de la tecnologia i l'enginyeria. Des de la invenció d'estris prehistòrics a la cultura *maker* d'avui en dia, la creativitat és imprescindible i inherent a la manera de veure la vida de l'enginyeria.

Tres desitjos per acabar

Per acabar aquest escrit, cal destacar que és important que el primer contacte formal que tingui l'alumnat amb el món

de la tecnologia vagi acompanyat per l'escola. I sobretot acompanyat de la narrativa ètica d'explicar que hauríem de centrar-nos a millorar el món i pensar en les conseqüències del que fem quan abordem problemes amb una mentalitat d'enginyer.

Ni els plantejaments dels problemes ni la definició de què n'és una solució acceptable són qüestions èticament neutres. El que per a alguns pot ser una gran solució pot generar problemes inadmissibles per a d'altres.

Des de l'escola cal treballar la tecnologia. I fer-ho remarquant la importància de reflexionar i prendre responsabilitat sobre com i per a què l'estem fent servir, i quins límits li volem donar com a societat a les seves aplicacions. I això és necessari que ho reflexioni tota la població, no només els tècnics especialistes.

I per això, des de la Societat Catalana de Tecnologia tenim tres desitjos:

— Voldríem tenir un món amb més persones capaces de gaudir i aprendre plantejant i solucionant reptes personals, educatius, de país i globals.

— Voldríem més persones amb capacitat de somiar, inventar i crear el que no existeix encara, sense oblidar-nos d'on volem anar i on tenim els límits que no volem creuar.

— I per això voldríem més tecnologia a l'educació i amb més sentit.

Referències

- BAIGORRI, J. (COORD.); BACHS, X.; CISNEROS, M. R.; GONZÁLEZ, L.; MANZANO, J.; PENALBA, V. (1997). *Enseñar y aprender tecnología en la educación secundaria*. Barcelona: Institut de Ciències de l'Educació: Universitat de Barcelona.
- BUNGE, M. (2019). *Filosofia de la tecnologia: Edició especial de 2019, en el centenari de Mario Bunge* [en línia]. Traducció d'A. Hernández-Fernández. Edició a cura d'A. Barceló. Barcelona: Institut d'Estudis Catalans. Societat Catalana de Tecnologia: Universitat Politècnica de Catalunya. <<https://upcommons.upc.edu/handle/2117/169030>> [Consulta: 3 gener 2025].
- CAMBRA DE COMERÇ DE BARCELONA (2021). *Jo vull ser... decideix el teu futur. Desajust entre oferta i demanda laboral: Informe de les professions més demandades i amb major remuneració a Catalunya* [en línia]. <https://cambrabcn.org/wp-content/uploads/2024/01/Informe_JoVullser_21.pdf> [Consulta: 3 gener 2025].
- FONT-AGUSTÍ, J. (1996). *La enseñanza de la tecnología en la ESO*. Barcelona: Eumo: Octaedro.
- GINÉS GIBERT, M. (2003). *The meaning of technology: Selected readings from American sources* [en línia]. Barcelona: Edicions UPC. <<https://upcommons.upc.edu/handle/2099.3/36674>> [Consulta: 3 gener 2025].
- INTERNATIONAL TECHNOLOGY AND ENGINEERING EDUCATORS ASSOCIATION (ITEEA) (2020). *Standards for technological and engineering literacy: The role of technology and engineering in STEM education* [en línia]. <www.iteea.org/STEL.aspx> [Consulta: 3 gener 2025].

- KLIEBARD, H. M. (2004). *The struggle for the American curriculum 1893-1958*. Londres: Routledge Falmer.
- LOGSE = «Llei orgànica 1/1990, de 3 d'octubre, d'ordenació general del sistema educatiu (LOGSE)». *Butlletí Oficial de l'Estat (BOE)* [en línia], núm. 238, p. 28927-28942. <<https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-1990-24172>> [Consulta: 3 gener 2025].
- MARTÍN GORDILLO, M.; GONZÁLEZ GALBARTE, J. C. (2002). «Reflexiones sobre la educación tecnológica desde el enfoque CTS». *Revista Iberoamericana de Educación* [en línia], núm. 28, p. 17-60. <<https://rieoei.org/RIE/article/view/958>> [Consulta: 3 gener 2025].
- MASSACHUSETTS DEPARTMENT OF ELEMENTARY AND SECONDARY EDUCATION (2019). *Science and technology: Massachusetts curriculum framework – 2016. Grades pre-kindergarten to 12* [en línia]. <<https://www.doe.mass.edu/frameworks/scitech/2016-04.pdf>> [Consulta: 3 gener 2025].
- McKINNIE, S. (2021). *Engineering in the Australian curriculum F-Year 10 and senior secondary* [en línia]. <<https://www.engineersaustralia.org.au/publications/engineering-australian-curriculum-f-year-10-and-senior-secondary>> [Consulta: 3 gener 2025].
- MIAOULIS, I. (2010a). «K-12 engineering – The missing core discipline». A: GRASSO, D.; BROWN BURKINS, M. (ed.). *Holistic engineering education* [en línia]. Nova York: Springer, p. 37-52. <https://ceri.msu.edu/_assets/pdfs/t-shaped-pdfs/Miaoulis-chapter.pdf> [Consulta: 3 gener 2025].
- (2010b). *NCTL STEM Speech*. Youtube [en línia]. <https://www.youtube.com/watch?v=4B-gI_6QCWU> [Consulta: 3 gener 2025].
- ORTEGA Y GASSET, J. (1964). *Meditación de la técnica*. Madrid: Fundación José Ortega y Gasset - Gregorio Marañón.
- PLATAFORMA ESTATAL DE ASOCIACIONES DEL PROFESORADO DE TECNOLOGÍA (PEAPT) (2013). *Análisis del Proyecto LOMCE en relación a la educación tecnológica* [en línia]. <<https://docs.google.com/file/d/0B-T52YcGNqquODEyQW5uM0clQmc>> [Consulta: 3 gener 2025].
- SOCIETAT CATALANA DE TECNOLOGIA (2021). *En defensa de la tecnologia a l'educació* [en línia]. <<https://sites.google.com/view/sialatecnologia>> [Consulta: 3 gener 2025].
- U. S. DEPARTMENT OF EDUCATION. NATIONAL ASSESSMENT OF EDUCATIONAL PROGRESS (2018). *NAEP technology & engineering literacy (TEL) report card* [en línia]. <<https://www.nationsreportcard.gov/tel>> [Consulta: 3 gener 2025].

REPRESENTACIÓ DELS ESTATS D'UNA TELA BASADA EN LA DERIVADA DE LA INTEGRAL D'ENLLAÇ DE GAUSS*

Franco Coltraro,^{a, b} Josep Fontana,^b Jaume Amorós,^b Maria Alberich-Carramiñana,^{a, b} Júlia Borràs,^a Carme Torras^a

^a Institut de Robòtica i Informàtica Industrial, CSIC-UPC, c/ Llorens i Artigas, 4-6, 08028, Barcelona, Espanya. franco.coltraro@upc.edu

^b Departament de Matemàtiques, Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona, Espanya.

Resum: La manipulació robòtica de teles és una tasca complexa a causa de l'espai d'estats de forma d'infinites dimensions dels tèxtils, que dificulta molt la percepció dels estats. En aquest article introduïm les *coordenades de tela dGLI*, una representació de dimensió baixa dels estats d'una tela que ens permet distingir de manera eficient una gran varietat d'estats de plegament, fet que obre les portes a mètodes d'aprenentatge eficients per a la planificació i el control de la manipulació de teles. La representació es basa en una derivada direccional de la *integral d'enllaç de Gauss* i ens permet representar configuracions de plegament espacials i planàries de manera consistent i unificada. Es comprova que les *coordenades de tela dGLI* que proposem són més encertades en la representació dels estats de la tela i significativament més sensibles als canvis en possibilitats de premsió que altres mètodes clàssics de distància de formes. Per acabar, apliquem la representació a imatges reals d'una tela i es demostra que permet identificar els diferents estats utilitzant un classificador basat en la distància.

Paraules clau: etiquetatge semàntic d'estats, manipulació robòtica de teles, representació i classificació d'objectes deformables, integral d'enllaç de Gauss (GLI).

1. Introducció

Els objectes tèxtils són importants i omnipresents en moltes situacions rellevants del dia a dia en contextos com ara el domèstic, el sanitari o l'industrial. Ara bé, a diferència dels objectes rígids, que tenen una posa fixada donades la posició i l'orientació, els objectes tèxtils suposen un repte en la manipulació robòtica perquè canvien de forma amb el contacte i el moviment, fet que genera un espai de configuracions d'infinites dimensions (si es consideren superfícies contínues en un espai 3D). Aquest salt dimensional immens fa que els mètodes de percepció i manipulació existents siguin difícils d'aplicar als tèxtils. Els articles de revisió recents sobre manipulació de teles, com ara [28, 35], coincideixen en la necessitat de trobar una representació simplificada que permeti mètodes d'aprenentatge més potents per a solucionar diferents problemes relacionats amb la manipulació de teles.

La bibliografia descriu diferents representacions; p. ex., representacions de silueta [22] o contorns [9], suposant que es disposa del raonament d'alt nivell dels estats de la tela. Els enfocaments d'aprenentatge d'inici a fi més moderns utilitzen imatges RGBD directament [20, 29, 32], però només poden definir accions molt simples a causa dels límits en la representació d'estats. A més a més, aquests mètodes basats en l'aprenentatge profund requereixen grans quantitats de dades reals o simulades (p. ex. [17, 21]) que són cares d'obtenir i etiquetar, ja que no s'utilitzen coneixements de base previs per a entendre la relació geomètrica entre estats diferents. Per tant, aconseguir una representació de dimensió baixa per a un teixit basada en característiques de nivell baix és un problema encara no resolt, mentre que l'aspecte d'alt nivell d'entendre la deformació de la tela quasi no s'ha explorat encara.

Adicionalment, per a fer possible el raonament, l'abstracció i la planificació, la manipulació d'objectes rígids utilitza mètodes de reconeixement d'objectes per a connectar objectes amb accions [6, 34]. Els contactes entre objectes es perceben per a reconèixer estats com ara «a sobre de» i «a dins de» [2]. Ara bé, pel que fa a la manipulació de teles, cap estudi no ha explorat la identificació de l'estat semàntic que podria conduir a accions específiques segons la tasca en qüestió. Per a objectes deformables més simples, com pot ser una caixa amb una tapa articulada, la configuració oberta permet clarament l'acció de tancar la caixa o d'agafar-ne el con-

* Aquest article forma part del projecte Articles Mirall de l'Institut d'Estudis Catalans, dins el marc del Pla d'Enfortiment de la Llengua Catalana en el Sistema Universitari i de Recerca de Catalunya, impulsat pel Departament de Recerca i Universitats de la Generalitat de Catalunya. Article original: «A Representation of Cloth States based on a Derivative of the Gauss Linking Integral», *Applied Mathematics and Computation* (en línia), 457 (2023), <<https://doi.org/10.1016/j.amc.2023.128165>>, sota llicència Creative Commons Attribution 4.0, <<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>>. Traduït per Òscar Aznar Alemany. Correspondència: franco.coltraro@upc.edu.

tingut. Un exemple equivalent per a una tela seria reconèixer una punta plegada que cal desplegar, si la tasca és estendre la tela plana sobre la taula, o una punta que cal agafar, si la tasca és plegar-la. En aquest cas, voldrem descompondre l'espai de configuració d'un tros de tela en macroestats (o, simplement, estats) i que cada estat sigui un conjunt de configuracions de la tela que es puguin manipular de la mateixa manera, és a dir, que tenen possibilitats de prensió similars.

En aquest estudi presentem una representació en coordenades de la configuració de la tela com una matriu triangular superior (vegeu la figura 1). Aquesta representació es pot calcular amb una fórmula tancada a partir de característiques de baix nivell de la tela (la posició del seu contorn) i permet el reconeixement i la classificació d'estats de nivell alt, ja que podem definir la distància entre les configuracions de la tela. Amb aquesta representació podem classificar les configuracions en estats que identifiquem com a «diferents», és a dir, que tenen diferents accions possibles.

El fet que la nostra representació de dimensió baixa depengui només de la posició del contorn de la tela es confirma amb el resultat que en certes condicions les corbes del contorn d'un tèxtil en determinen completament la posició a l'espai. Efectivament, a [3] es demostra que una corba genèrica tancada, simple i regular a trossos només pot ser el contorn d'un nombre finit de superfícies desenvolupables (és a dir, amb curvatura gaussiana 0) amb una curvatura mitjana no nul·la. Com que l'estat original d'un tros de tela és sense plegaments i pla, el conjunt d'estats possibles, si suposem que el tèxtil és inextensible (és a dir, la primera forma fonamental és constant en el temps, vegeu [7]), és precisament el conjunt de superfícies desenvolupables isomètriques a una de fixa. Per a problemes com l'estudi de la dinàmica de teles no cal que el problema del contorn tingui una solució única. N'hi ha prou amb saber que sempre tindrà un conjunt finit de solucions perquè llavors aquest conjunt de solucions és discret, amb diferents solucions separades per un salt no trivial en qualsevol etiquetatge basat en energia, coordenades locals, etc. Això

implica que, durant el moviment continu de la tela, la posició d'una peça de roba ve determinada per la posició del seu contorn.

Les nostres coordenades es basen en un índex topològic, la *integral d'enllaç de Gauss* (GLI, de l'anglès *Gauss linking integral*). Aquest índex s'ha utilitzat en el passat en manipulació robòtica [16, 24, 30, 31, 37], però només es pot aplicar a corbes 3D. Per a un parell de corbes quasi coplanàries, com són les corbes del contorn d'una peça de roba plegada, la GLI s'anul·la i deixa de ser informativa. Per a incloure les corbes quasi coplanàries (ahora que les corbes 3D), aquí introduïm el concepte de *derivada direccional de la GLI*, la *dGLI*, aplicada a un parell de corbes. La *dGLI* és simètrica respecte a les corbes i només depèn de la seva posició relativa. Assignem les *coordenades de tela dGLI* a un estat d'una peça de roba de la manera següent: primer seleccionem un subconjunt de segments de les vores (que les pot contenir totes) de la discretització del contorn de la peça; llavors fixem un ordre per a aquests segments i calculem la *dGLI* entre cada parell de segments en la seva posició espacial de l'estat present de la peça, cosa que genera una matriu simètrica de la qual només es pren la part triangular superior per a evitar redundàncies, i les *coordenades de tela dGLI* de l'estat són precisament els elements d'aquesta matriu triangular superior (vegeu la figura 1). La representació resultant es pot calcular de manera eficient i és invariant a moviments isomètrics de la peça (és a dir, rotacions i translacions), i deixa invariant una direcció específica que és normal al pla predominant de l'escena (és a dir, la taula que fa de suport en la manipulació).

L'article s'estructura de la manera següent: al proper apartat presentem els conceptes preliminars que utilitzem, com ara la *integral d'enllaç de Gauss*, i n'expliquem les limitacions en un entorn pla. A l'apartat 3 introduïm el concepte inèdit de la *derivada direccional de la GLI*, que també és aplicable a configuracions planes. Primer derivem una expressió per a la GLI de dos segments, llavors demostrem que quan els segments són coplanaris podem pertorbar-los lleugerament fins a obtenir informació i expliquem com aplicar-ho a una tela per a la qual s'ha generat una malla que

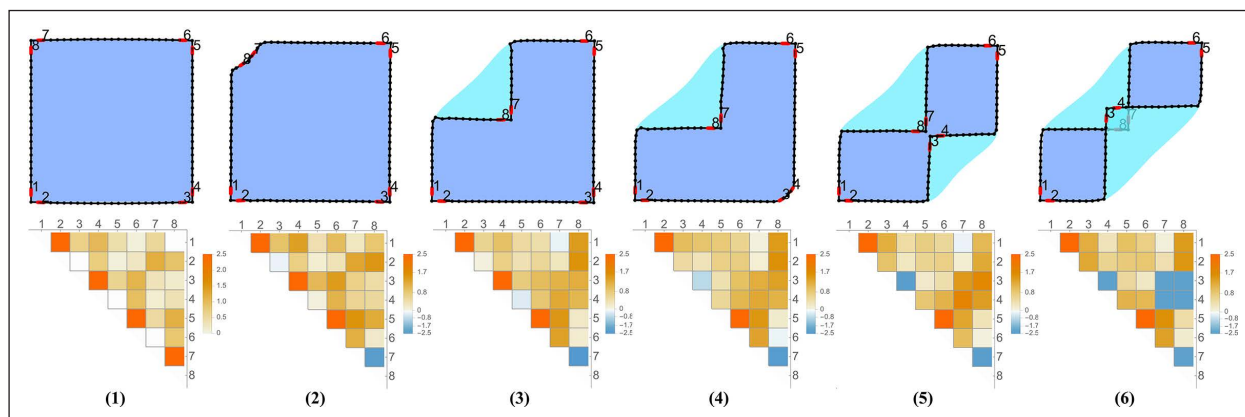


FIGURA 1. Seqüència de plegament d'una tela quadrangular amb les respectives *coordenades de tela dGLI* representades com a matrius triangulars superiors. Cada element m_{ij} de la matriu és un valor geomètric que correspon a la *dGLI* entre els segments i i j destacats en vermell en l'estat de plegament de la tela corresponent. Vegeu com alguns valors de la matriu canvien de signe quan les puntes es pleguen o es creuen entre elles.

l'aproxima. Després, estudiem algunes propietats d'aquest índex nou aplicant-lo a una base de dades de configuracions de tela d'un tovalló extretes de seqüències de plegament simulades i, seguidament, l'índex es posa a prova experimentalment amb imatges reals. També demostrem que és possible aplicar aquesta representació a peces de roba amb una topologia no trivial, com ara uns pantalons curts. Per acabar, discutim els resultats i exposem les conclusions a l'últim apartat.

2. Preliminars i estudis relacionats

Definició 1 (integral d'enllaç de Gauss de dues corbes). Donades dues corbes $\mathcal{C}^2$ no intersecants en un espai 3D γ_1 i γ_2 parametritzades per $x(s)$ i $y(t)$, respectivament, amb $s, t \in I = [0, 1]$, la *integral d'enllaç de Gauss* entre elles, abreviada com a *GLI*, és

$$GLI(\gamma_1, \gamma_2) = \frac{1}{4\pi} \int_I \int_I \frac{(y(t) - x(s)) \cdot (y'(t) \times x'(s))}{\|y(t) - x(s)\|^3} dt ds$$

o escrit de manera compacta

$$GLI(\gamma_1, \gamma_2) = \frac{1}{4\pi} \iint \frac{(\gamma_2 - \gamma_1) \cdot [\gamma_2' \times \gamma_1']}{\|\gamma_2 - \gamma_1\|^3} \quad (1)$$

Aquesta integral doble és invariant a reparametritzacions de les corbes. En el cas que totes dues corbes γ_1 i γ_2 siguin tancades i regulars, la seva *GLI* té valors enters (a causa del factor de normalització $\frac{1}{4\pi}$ escollit) i és un invariant de la topologia de la immersió de les corbes (el seu *nombre d'enllaç*, vegeu [1]).

Històricament, la *GLI* va ser introduïda per Gauss, pel que sembla amb relació als seus treballs en magnetisme (segons [27]) o en astronomia (segons [11]). Considerant la *GLI*(γ, γ) de dues corbes iguals regulars no autointersecants γ , llavors la integral doble (agafant el domini d'integració fora de la diagonal de $I \times I$) defineix un altre invariant geomètric de la corba, conegut com a *writhe* o *nombre d'entortolligament* de γ . Malgrat que s'assemblen, la *GLI* i el nombre d'entortolligament mesuren magnituds diferents: considerem un camp vectorial normal v de longitud $\epsilon > 0$ en γ i la corba γ_v de punts terminals del camp vectorial v , que hi està immersa i està en correspondència regular d'un a un amb γ per a una ϵ suficientment petita. Llavors, la diferència entre la *GLI* d'aquestes dues còpies de la mateixa γ i el nombre d'entortolligament és *GLI*(γ, γ_v) - *GLI*(γ, γ) igual a l'entortolligament total de v . Aquest resultat es coneix com el *teorema de Călugăreanu-White-Fuller* (vegeu [23]). D'altra banda, tots dos índexs, la *GLI* i el nombre d'entortolligament, són no informatius per a corbes planàries, ja que ambdós s'anul·len.

La *GLI* s'ha utilitzat en moltes aplicacions des que una versió de la fórmula per a corbes poligonals va aparèixer en

el context de les estructures proteiques del DNA [19], amb formulacions eficients addicionals proposades a [18], de les quals hem escollit la següent: donades dues corbes lineals a trossos de N i M segments, és a dir, $\gamma_1 = \{\gamma_{P_i P_{i+1}}', i = 1, \dots, N\}$ i $\gamma_2 = \{\gamma_{Q_i Q_{i+1}}, i = 1, \dots, M\}$ en què cada segment es parametritza com a $\gamma_{AB}(s) = A + s\overline{AB}$ per a $s \in [0, 1]$, llavors la *GLI* entre les dues corbes és

$$GLI(\gamma_1, \gamma_2) = \frac{1}{4\pi} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M GLI(\gamma_{P_i P_{i+1}}', \gamma_{Q_j Q_{j+1}}) \quad (2)$$

en què la *GLI* entre el parell de segments γ_{AB} i γ_{CD} es calcula com a

$$GLI(\gamma_{AB}, \gamma_{CD}) = \arcsin(\bar{n}_A \bar{n}_D) + \arcsin(\bar{n}_D \bar{n}_B) + \arcsin(\bar{n}_B \bar{n}_C) + \arcsin(\bar{n}_B \bar{n}_A) \quad (3)$$

amb

$$\bar{n}_A = \overline{AC} \times \overline{AD} / \|\overline{AC} \times \overline{AD}\|, \quad \bar{n}_B = \overline{BD} \times \overline{BC} / \|\overline{BD} \times \overline{BC}\|, \\ \bar{n}_C = \overline{BC} \times \overline{AC} / \|\overline{BC} \times \overline{AC}\|, \quad \bar{n}_D = \overline{AD} \times \overline{BD} / \|\overline{AD} \times \overline{BD}\|.$$

Observació 1. Aquesta fórmula *no* és una aproximació perquè és el valor exacte de la integral (1) quan s'aplica a corbes lineals a trossos.

La fórmula discreta (3) va ser utilitzada per Ho [15] per a identificar i sintetitzar caràcters animats en posicions entrelaçades [14, 15]. En el camp de la robòtica, la *GLI* s'ha aplicat a corbes representatives de l'espai de treball per a guiar la planificació del camí a través de forats [16, 37], per a guiar la premsió a [24, 30, 31] i per a planificar moviments de robots humanoides utilitzant la *GLI* per a guiar l'aprenentatge per reforç [36]. En aquest estudi desenvolupem, per primera vegada, una anàlisi més extensa d'aquesta noció per a poder aplicar-la a corbes planàries o quasi planàries, fet que obre la porta a un ventall d'aplicacions més ampli.

3. Derivació de les coordenades de tela

Com ja s'ha mencionat, la *GLI* de dues corbes coplanàries s'anul·la; per tant, per a moltes configuracions d'interès en robòtica (configuracions en què la tela està quasi plana sobre la taula, a punt per a ser plegada o ja plegada) la *GLI* no aporta gaire informació. Per això, el nostre objectiu en aquest apartat és desenvolupar un índex similar que pugui distingir les configuracions planàries. Com veurem, un índex que és natural de considerar és, de fet, una derivada direccional de la *GLI*, però per a obtenir aquest índex primer hem de fer algunes observacions sobre la *GLI* quan s'aplica a parells de segments com a l'equació (3), ja que la classe de corbes que utilitzarem en els càlculs serà corbes lineals a trossos.

3.1. GLI de dos segments

Com que dos segments AB i CD estan definits unívocament pels quatre punts extrems $A, B, C, D \in \mathbb{R}^3$, la GLI de dos segments calculada a l'equació (3) es pot considerar una funció de $(\mathbb{R}^3)^4 \cong \mathbb{R}^{12} \rightarrow \mathbb{R}$. Per tal d'emfatitzar que a partir d'ara considerarem només segments, definim $\mathcal{G} : \mathbb{R}^{12} \rightarrow \mathbb{R}$ com a

$$\mathcal{G}(A, B, C, D) = GLI(\gamma_{AB}, \gamma_{CD}) = \frac{1}{4\pi} \iint \frac{(\gamma_{CD} - \gamma_{AB}) \cdot [\gamma'_{CD} \times \gamma'_{AB}]}{\|\gamma_{CD} - \gamma_{AB}\|^3}. \quad (4)$$

Fixeu-vos que tècnicament $\mathcal{G}$ no és definida en tot $\mathbb{R}^{12}$ ja que no és definida quan γ_{AB} i γ_{CD} intersequen.

Lema 1. *Siguin dos segments no intersecants AB i CD amb punts extrems $A, B, C, D \in \mathbb{R}^3$, i siguin γ_{CD} i γ_{AB} que en denotin una parametrització. Llavors*

$$\mathcal{G}(A, B, C, D) = \mathcal{V}(A, B, C, D) \cdot \mathcal{I}(A, B, C, D)$$

en què $\mathcal{V}(A, B, C, D) = \det(\overline{AB}, \overline{AC}, \overline{AD})$ és el volum amb signe del tetraedre $ABCD$ multiplicat per 6 i

$$\mathcal{I}(A, B, C, D) = \frac{1}{4\pi} \iint \frac{1}{\|\gamma_{CD} - \gamma_{AB}\|^3}.$$

Demostració. És un càlcul simple: fixeu-vos que el numerador en l'expressió integral de la GLI a l'equació (1) és constant (per a tot valor de t i s) perquè les corbes són segments i és igual a

$$\begin{aligned} (\gamma_{CD} - \gamma_{AB}) \cdot [\gamma'_{CD} \times \gamma'_{AB}] &= (\overline{AC} + t\overline{CD} - s\overline{AB}) \cdot [\overline{CD} \times \overline{AB}] = \\ &= \overline{AC} \cdot [\overline{CD} \times \overline{AB}] = \\ &= \overline{AC} \cdot [(\overline{CA} + \overline{AD}) \times \overline{AB}] = \\ &= \overline{AC} \cdot [\overline{AD} \times \overline{AB}] = \overline{AB} \cdot [\overline{AC} \times \overline{AD}] = \\ &= \det(\overline{AB}, \overline{AC}, \overline{AD}) \end{aligned}$$

el volum signat del tetraedre $ABCD$ multiplicat per 6. Escrivint

$$\mathcal{V}(A, B, C, D) = \det(\overline{AB}, \overline{AC}, \overline{AD})$$

i

$$\mathcal{I}(A, B, C, D) = \frac{1}{4\pi} \iint \frac{1}{\|\gamma_{CD} - \gamma_{AB}\|^3}$$

tenim que

$$\mathcal{G} = \mathcal{V} \cdot \mathcal{I} \quad (5)$$

Observació 2. Quan dos segments són coplanaris, la seva GLI s'anul·la perquè el tetraedre que defineixen té volum 0.

Corol·lari 1. *La funció $\mathcal{G}(A, B, C, D) = GLI(\gamma_{AB}, \gamma_{CD})$ és el producte de dues funcions diferenciables i, per tant, és diferenciable respecte a A, B, C, D .*

3.2. Derivada direccional de $\mathcal{G}$

En aquest apartat discutim com pertorbar $\mathcal{G}$ perquè sigui informativa en entorns planaris.

Definició 2 (derivada direccional de $\mathcal{G}$). Siguin $v_A, v_B, v_C, v_D \in \mathbb{R}^3$ direccions arbitràries i AB i CD dos segments no intersecants. La derivada direccional de $\mathcal{G}$ al punt (A, B, C, D) en la direcció de $v = (v_A, v_B, v_C, v_D)$ és definida com el límit

$$\partial_v \mathcal{G}(A, B, C, D) = \lim_{\epsilon \rightarrow 0} \frac{\mathcal{G}((A, B, C, D) + \epsilon(v_A, v_B, v_C, v_D)) - \mathcal{G}(A, B, C, D)}{\epsilon}.$$

Observació 3. Fixeu-vos que aquest límit existeix sempre perquè hem demostrat que $\mathcal{G}$ és una funció diferenciable respecte a A, B, C, D . Addicionalment, $\partial_v \mathcal{G}$ també es pot escriure

$$\lim_{\epsilon \rightarrow 0} \frac{GLI(\gamma_{A^*B^*}, \gamma_{C^*D^*}) - GLI(\gamma_{AB}, \gamma_{CD})}{\epsilon},$$

en què $A^* = A + \epsilon v_A$, $B^* = B + \epsilon v_B$, $C^* = C + \epsilon v_C$, $D^* = D + \epsilon v_D$ i ϵ és prou petita perquè A^*B^* i C^*D^* no intersequin. A més, de l'equació (5) i per la regla del producte

$$\partial_v \mathcal{G} = \partial_v(\mathcal{V})\mathcal{I} + \mathcal{V}\partial_v(\mathcal{I}),$$

per tant, $\partial_v \mathcal{G} = \partial_v(\mathcal{V})\mathcal{I}$ quan els segments γ_{AB} i γ_{CD} són coplanaris.

Propietats de $\partial_v \mathcal{G}$. Per definició, $\partial_v \mathcal{G}$ és invariant a translacions, rotacions i escalat si v es rota i s'escala congruentment. Aquestes propietats són una conseqüència del fet que la GLI sigui invariant a aquestes transformacions. D'altra banda, si s'escull una v fixa, $\partial_v \mathcal{G}$ no és invariant a rotacions ni escalats en general. Per exemple, cap elecció de v no pot fer que $\partial_v \mathcal{G}$ sigui invariant a l'escalat, ja que escalar per un factor de λ escala $\mathcal{I}$ per $\frac{1}{\lambda^3}$ i $\nabla \mathcal{V}$ per λ^2 , de la mateixa manera que escala $\nabla \mathcal{I}$ per $\frac{1}{\lambda^4}$ i v per λ^3 , i això causa que s'escali $\nabla \mathcal{G}$ per $\frac{1}{\lambda}$. Segons per a què s'utilitzi l'índex, cal tenir present aquesta relació d'escala o, alternativament, escollir v depenent dels segments. Ara bé, la distància que utilitzarem per a comparar els diferents estats de la tela dependrà de la correlació dels valors de les coordenades més que de la magnitud. Per això, podem ignorar el factor d'escalat que apareixeria quan comparem dues peces de mida diferent (p. ex. a causa de les diferents malles que les aproximem).

Elecció de v . L'elecció és molt específica per a cada tasca, i donada la naturalesa de la nostra (classificar configuracions de tela planàries basades en les possibilitats de premsió), és lògic pertorbar els vèrtexs en la direcció normal al pla de la taula. En efecte, aquesta elecció de v fa que $\partial_v \mathcal{G}$ sigui invariant a rotacions i translacions del pla XY, fet que és desitjable per al nostre objectiu, ja que aquest tipus de moviments d'una configuració de tela tenen les mateixes possibilitats de premsió. Addicionalment, per a conservar la simetria $\partial_v \mathcal{G}(A, B, C, D) = \partial_v \mathcal{G}(C, D, A, B)$, hem de pertorbar A i C en la mateixa magnitud i la mateixa direcció, i el mateix per a B i D. Finalment, és fàcil veure que, de fet, pertorbar A i C en la mateixa magnitud normal al pla genera el mateix resultat que pertorbar B i D en la mateixa magnitud en la direcció contrària, per tant, només té sentit pertorbar A i C o B i D, però no tots dos parells, i fer una cosa o l'altra és equivalent excepte pel canvi de signe. En resum, l'elecció més natural de v en el nostre cas és

$$v := (\vec{0}, e_3, \vec{0}, e_3) \quad (6)$$

(o bé $v = (\vec{0}, e_3, \vec{0}, -e_3)$, que és equivalent excepte pel canvi de signe) en què $e_3 = (0, 0, 1)$ és el vector normal al pla de la taula on hi ha la tela.

3.3. Càlcul pràctic de la dGLI

Resumim la discussió de l'apartat anterior en aquesta definició.

Definició 3 ($dGLI$ de dos segments). Siguin dos segments no intersecants γ_{AB} i γ_{CD} , definim

$$dGLI(\gamma_{AB}, \gamma_{CD}) := \lim_{\epsilon \rightarrow 0} \frac{GLI(\gamma_{AB^*}, \gamma_{CD^*}) - GLI(\gamma_{AB}, \gamma_{CD})}{\epsilon}, \quad (7)$$

en què $B^* = B + \epsilon e_3$, $D^* = D + \epsilon e_3$, $e_3 = (0, 0, 1)$ i cada funció GLI es pot calcular amb l'equació (3). Aquest índex és invariant a rotacions i translacions del pla XY i, a més, $dGLI(\gamma_{CD}, \gamma_{AB}) = dGLI(\gamma_{AB}, \gamma_{CD})$.

Observació 4. Hem analitzat numèricament el límit definit a l'equació (7) i hem trobat que és prou estable per a calcular-lo segons

$$dGLI(\gamma_{AB}, \gamma_{AB}) \approx \frac{GLI(\gamma_{AB^*}, \gamma_{CD^*}) - GLI(\gamma_{AB}, \gamma_{CD})}{\epsilon}$$

per a un valor prou petit de ϵ . Com que treballem amb punts flotants de precisió doble (que suposa una precisió d'uns 14-15 decimals), se sap (vegeu [12]) que quan s'aproximen derivades numèricament, s'obtenen resultats millors si s'escullen pertorbacions que afectin només 7 o 8 posicions decimals, per exemple $\epsilon \approx 10^{-8}$. Aquest és el valor que hem utilitzat en els experiments.

Observació 5. En casos pràctics, podríem calcular la $dGLI$ entre dos segments γ_{AB} i γ_{CD} quasi intersecants (però sense intersecar, ja que la tela té un gruix), i llavors la $dGLI(\gamma_{AB}, \gamma_{CD})$ esdevindria molt gran. Com que tenir quantitats tan grans pot dominar els valors de mètrica i les distàncies de manera no representativa, a la pràctica establim un valor màxim de la $dGLI$ quan supera un llindar marcat.

3.4. Definició de les coordenades de tela dGLI

Com que ara disposem d'un índex geomètric per a parells de segments, ja podem introduir les coordenades de la tela, que parametritzaran l'espai d'estats de forma de la tela. Assignem les *coordenades de tela dGLI* a una configuració de tela $\mathcal{C}$ d'una peça de roba de la manera següent:

Definició 4 ($dGLI$ de la superfície $\mathcal{C}$ d'una tela). Sigui una discretització del contorn de la superfície $\mathcal{C}$ de la tela com una corba poligonal, en seleccionem un subconjunt ordenat de segments de vores $\mathcal{S}_C = \{S_i : i = 1, \dots, m\}$. Llavors, les *coordenades de tela dGLI* de la configuració $\mathcal{C}$ és la matriu triangular superior

$$dGLI(\mathcal{C}) = \left(dGLI(S_i, S_j) \right)_{S_i, S_j \in \mathcal{S}_C, i > j}. \quad (8)$$

Per a tenir una idea intuïtiva de l'aspecte d'aquestes matrius triangulars superiors per a algunes configuracions de la tela, vegeu els exemples a la figura 1. Si ens interessen una direcció general v , hauríem d'agafar les *coordenades de tela dGLI*

$$dGLI_v(\mathcal{C}) = \left(\partial_v \mathcal{G}(S_i, S_j) \right)_{S_i, S_j \in \mathcal{S}_C, i > j}.$$

Fixeu-vos que la matriu sencera quan s'agafen tots els segments de vores de la discretització és l'enfocament anàleg a calcular la GLI d'una corba polinòmica utilitzat a [15, 19], en què tots els parells de segments de les corbes formen el que s'anomena *matriu de GLI* [15].

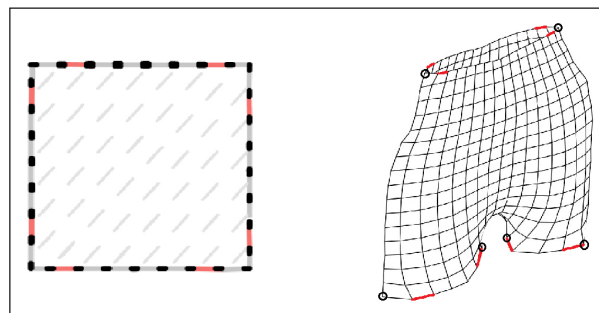


FIGURA 2. El subconjunt de segments escollits es marca en vermell. Per a aquests pantalons curts, quatre de les vores del contorn seleccionades de la part de darrere no es veuen a la imatge.

Elecció dels segments de les vores. El subconjunt $\mathcal{S}_c$ de segments de vores escollit en la discretització depèn de la tasca en qüestió, ja que les tasques que requereixen distingir amb més detall les configuracions d'una classe similar necessiten un subconjunt de segments més gran. Com que nosaltres volíem classificar les configuracions en classes relativament àmplies, vam determinar experimentalment que una bona elecció de segments per a una tela rectangular són els vuit segments adjacents als segments de les puntes, marcats en vermell a la imatge esquerra de la figura 2. En el cas d'una peça de roba amb una topologia més complexa, cal escollir més segments, p. ex. per a uns pantalons curts escollim els dotze segments marcats en vermell a la imatge dreta de la figura 2. En tots dos casos, aquest subconjunt petit és suficient per a obtenir una classificació encertada de les configuracions quasi planes de la roba en funció de les possibilitats de premsió.

La matriu triangular superior de l'equació (8), ordenada com un vector, és un sistema de coordenades que redueix les infinites dimensions de l'espai de configuracions dels estats de la tela a un espai de només $\frac{m(m-1)}{2}$ dimensions. Per exemple, per a una tela rectangular $m = 8$ i s'obtenen 28 dimensions. Aquesta reducció de dimensions s'ajusta correctament i és prou informativa per a les necessitats pràctiques com demostren els resultats de la validació de l'apartat següent.

4. Resultats

En aquest apartat estudiem la capacitat de les coordenades de la tela ja definides per a diferenciar els estats de la tela. Primer, analitzem quatre seqüències de plegament (vegeu la figura 3). Demostrarem que la nostra representació pot distingir diferents configuracions de la tela rellevants (p. ex. una punta plegada i dues puntes plegades). Llavors, aplicarem el mètode a una base de dades completa amb dotze classes de tela (que es mostren a la figura 4) i el compararem amb quatre representacions alternatives per a demostrar que la nostra és més apta per a distingir entre els estats de la tela. Totes les dades d'aquest apartat es van simular utilitzant el model de tela inextensible descrit a [7]. Totes les simulacions s'han dut a terme amb una tela quadrada de dimensions $1 \text{ m} \times 1 \text{ m}$ i una malla computacional de 400 nodes; excepte per als pantalons curts (la forma dels quals prové de la UC Berkeley Garment Library), que consisteixen en 537 nodes (vegeu la figura 2 a la dreta). Per acabar, aplicarem un mètode de classificació simple utilitzant la nostra representació a imatges reals d'estats de plegament de tela.

Per a comparar configuracions de tela diferents, un cop s'han representat amb les nostres *coordenades de tela* $dGLI(\mathcal{C}) \in \mathbb{R}^{28}$, és important utilitzar la distància adequada. A causa del factor d'escalat que hem tractat a l'apartat anterior, la millor distància és la *distància de Spearman*. Siguin dos vectors x i y , es defineix

$$d(x, y) = 1 - \rho(R(x), R(y)), \quad (9)$$

en què ρ és el coeficient de correlació de Pearson, i $R(x)$ és la variable de rànquing de x (és a dir que s'ordenen les coordenades de x de menor a major i se'ls assigna una posició dins del rànquing). Aquesta distància avalua com de bé es pot definir la relació entre dos vectors x i y utilitzant qualsevol funció monòtona (no només una recta). Aquesta distància va resultar ser més sensible als canvis de la configuració de la tela que la distància euclidiana. Això pot ser perquè aquesta distància se centra en l'ordre del rànquing entre coordenades (amb signe) en comptes de comparar-ne les magnituds, cosa que és molt important en la nostra representació. Fixeu-vos que la distància de Spearman està restringida a valors entre 0 i 2 i que ignora els factors d'escalat entre les diferents teles.

4.1. Anàlisi de les seqüències de plegament

La primera prova compara diferents estats de la tela dins d'una seqüència de plegament. Sigui el moviment de la tela $\{\mathcal{C}_1, \dots, \mathcal{C}_m\}$, en què m és el nombre de fotogrames discrets i $\mathcal{C}_i$ és l'estat de la tela a t_i , calculem la matriu de confusió $\mathcal{M}_{ij} = d(dGLI(\mathcal{C}_i), dGLI(\mathcal{C}_j))$. Les quatre seqüències de plegament, mostrades a l'esquerra de la figura 3, són: plegar dues puntes oposades, plegar les quatre puntes cap a dins, plegar la tela per la meitat i plegar uns pantalons curts per la meitat dinàmicament. Els resultats es veuen a la dreta de la figura. Fixeu-vos que la nostra representació detecta els canvis significatius durant la seqüència. Per exemple, a la seq. 1, plegar dues puntes oposades, al fotograma 7 hi ha un canvi important, ja que una punta canvia l'orientació de plana a plegada, fins i tot abans que es deixi anar. Això es pot veure a la matriu de confusió (els dos primers quadrats blaus). També queda clar a la seq. 2, quan es pleguen les quatre puntes cap a dins. A més, el nostre mètode també detecta quan les vores de la tela es creuen (seq. 1, fotograma 24; seq. 3, fotograma 23). Aquests canvis també són significatius des del punt de vista de la manipulació perquè permeten possibilitats de premsió o d'acció diferents. La seq. 4 mereix una menció especial, ja que la tela té una topologia no trivial i la peça de roba penja en comptes d'estar plana durant una part significativa del plegament. En aquesta seqüència, la nostra representació detecta correctament el moment en què els pantalons toquen la taula (fotograma 14), quan les dues puntes superiors controlades comencen a descendir (fotograma 19) i quan acaba el plegament (fotograma 32).

4.2. Matriu de confusió de la base de dades completa

Ara analitzarem una base de dades completa amb 120 exemples classificats en 12 classes d'estats diferents, que es mostren a la figura 4. La major part són fàcils d'entendre. Fixeu-vos que en la classe 10 la punta superior esquerra es plega per sota de la tela (i el mateix per a la classe 11). Cada classe té 10 mostres que es corresponen amb l'estat

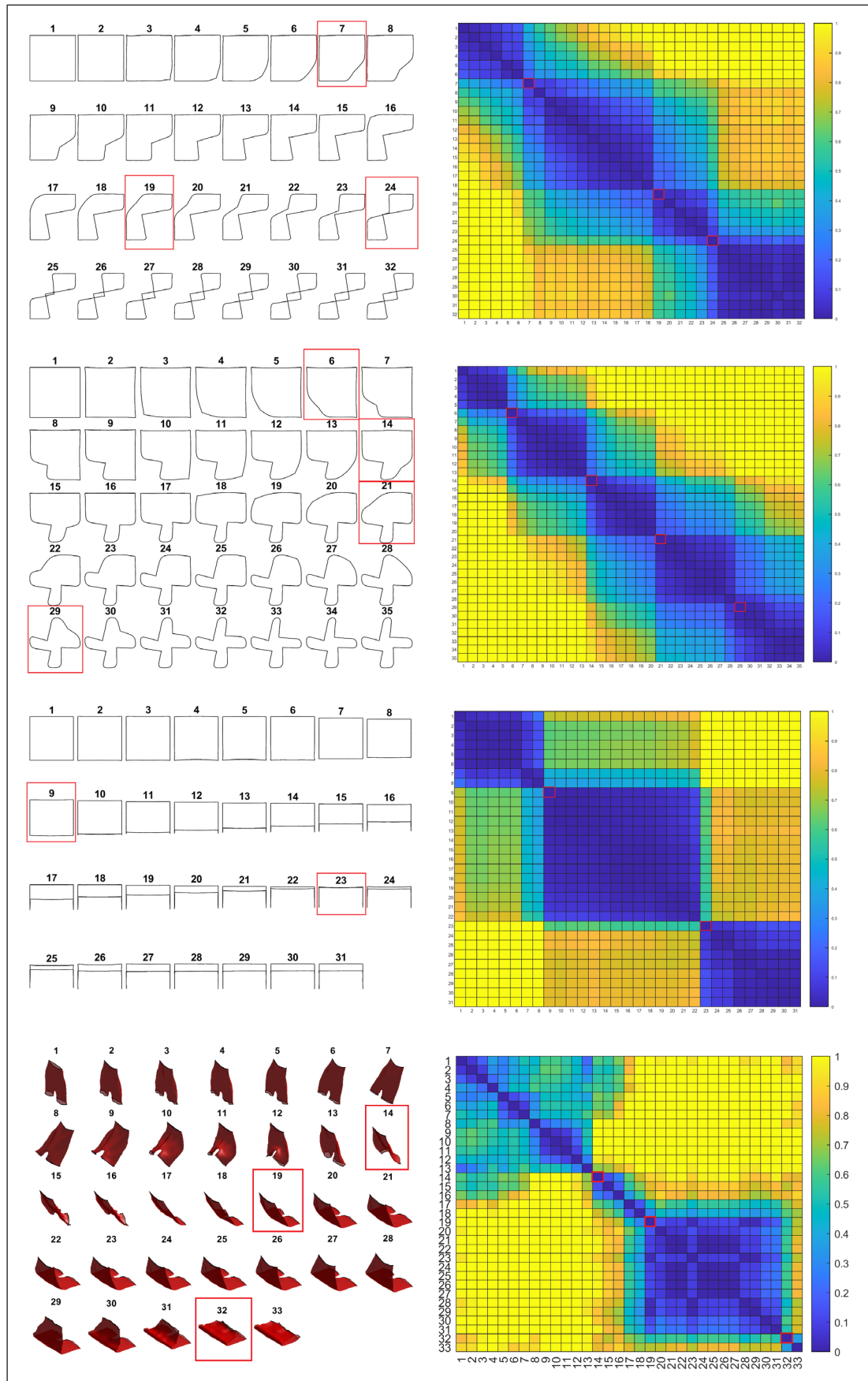


FIGURA 3. Estudi de l'índex durant quatre seqüències de plegament. A la columna de l'esquerra es mostra una representació dels fotogrames de la tela, i a la columna de la dreta hi ha la matriu de confusió. Es destaquen en vermell els canvis de classe que es poden identificar.

final de la tela durant una simulació de la seqüència de plegament. Vam identificar manualment les mostres que consideràvem que pertanyien al mateix estat. Volem destacar que, un cop hem fixat un ordre per a les puntes, el nostre mètode distingeix, per exemple, entre puntes plegades diferents i que això no contradiu la invariància a la rotació vista abans.

Tornem a calcular la matriu de confusió $\mathcal{M}_{ij} = d(dGLI(\mathcal{C}_i), dGLI(\mathcal{C}_j))$ en què $\mathcal{C}_k$ és l'exemple número k de la base de dades. Ordenem les mostres de manera que les de la mateixa classe siguin consecutives i així el gràfic de la matriu sigui més fàcil d'interpretar. A la figura 4 es pot veure com

les classes s'agrupen sense confusió, és a dir, la distància entre els membres d'una classe acostuma a ser més petita (en blau) que la distància amb exemples d'una altra classe (en groc).

La matriu de confusió ofereix informació interessant sobre la nostra representació. Per exemple, podem veure que les classes 01 i 04 són relativament més properes que la resta. Això passa perquè, efectivament, la posició relativa de totes les vores és la mateixa en totes dues classes, fet que redueix la distància en la representació. El mateix fenomen s'observa entre les classes 05 i 12 en alguns casos, ja que són classes amb similituds visibles (però a 05 les

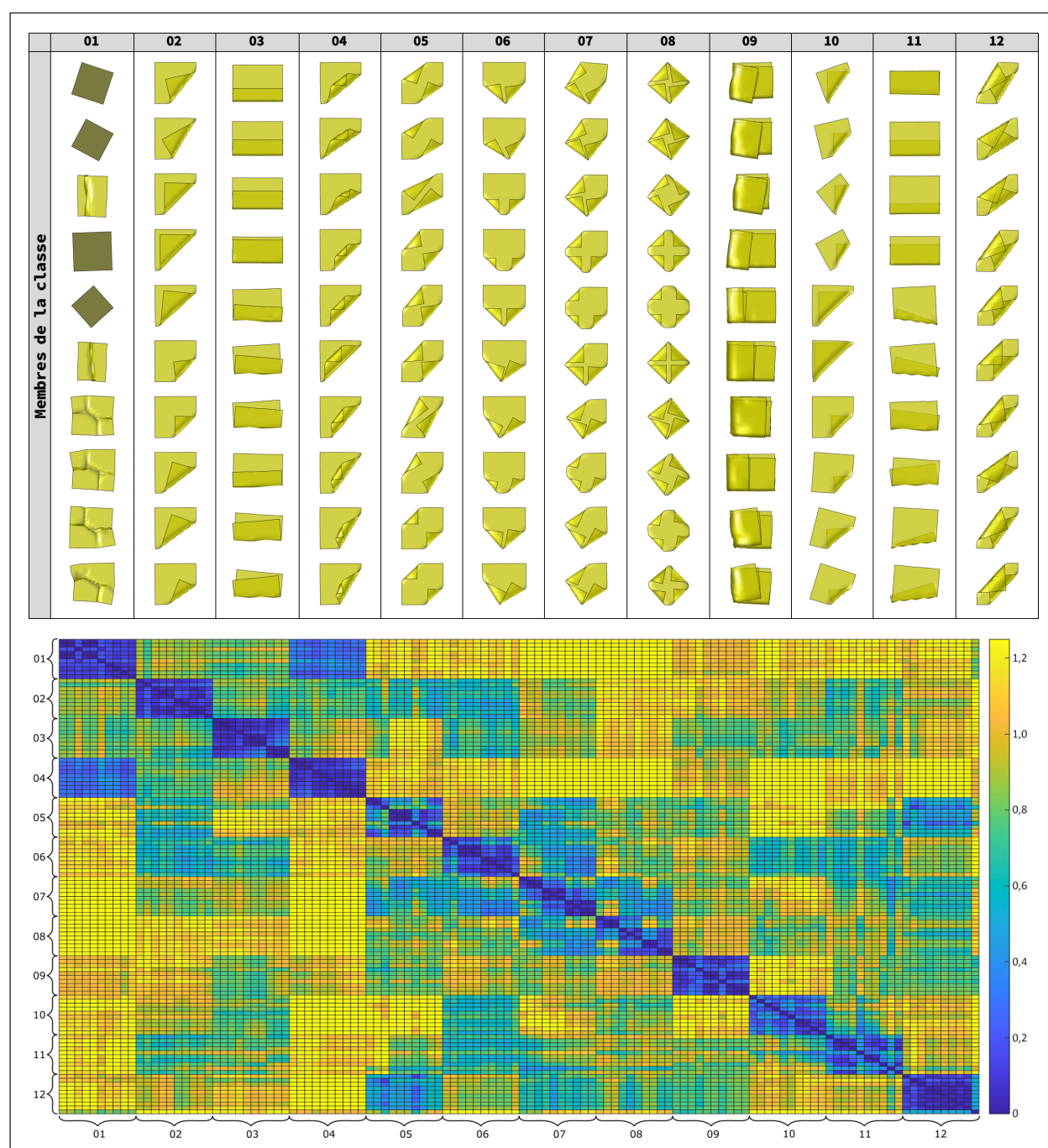


FIGURA 4. Matriu de confusió de totes les distàncies entre els estats que es mostren a la taula superior.

dues puntes no es creuen, mentre que a 12 sf). D'altra banda, les classes 03 i 11, que es diferencien en si el plegament fa que una cara de la tela amagui la cara oposada, estan perfectament separades. Els casos límit, que són el quart element de la classe 03 i el primer element de la classe 11, són molt semblants, però el nostre mètode els distingeix gràcies a la posició geomètrica relativa entre els segments (és a dir, un és l'invers de l'altre). Passa una cosa similar entre les classes 02 i 10. També cal mencionar que algunes classes que vam etiquetar com la mateixa tenen subclases evidents, que es mostren a la matriu de confusió. És el cas de les classes 05, 07 i 08, que tenen puntes plegades en orientacions diferents. La nostra representació ens permet induir una partició de l'espai per a separar aquest tipus de classe en dos.

4.3. Comparació amb altres representacions de forma

En aquest subapartat fem una comparació més quantitativa entre la nostra representació d'estats i altres mètodes de representar formes. Per a avaluar les representacions utilitzem l'índex de Davies-Bouldin per a mesurar la separació dels clústers [8]:

$$DB = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \max_{j \neq i} \left(\frac{\sigma_i + \sigma_j}{d(c_i, c_j)} \right) \quad (10)$$

en què n és el número de classes (p. ex. en la base de dades és 12), c_i és el centroide de la classe i (la mitjana de les coordenades dels membres de la classe i), σ_i és una mesura de la dispersió calculada com la distància mitjana de tots els elements de la classe i al centroide c_i , i $d(c_i, c_j)$ és la distància entre els centroides c_i i c_j . Segui la classificació de les figures 3 i 4 considerada la veritat de referència, volem una representació que doni una dispersió petita dins d'una classe i una distància gran entre classes, fet que produirà un índex baix. La representació i la distància amb el DB més petit es considera la que millor separa els clústers i, per tant, la millor representació per a identificar estats de roba diferents.

TAULA 1
Comparació entre representacions de forma diferents*

	Base de dades	Seq. I	Seq. II	Seq. III	Seq. IV
<i>dGLI</i>	0,73	0,27	0,18	0,21	0,52
Segments	1,60	0,68	0,77	0,51	1,91
Puntes	2,49	0,98	1,61	3,14	1,86
Fréchet	0,99	0,69	0,76	0,48	0,90
Hausdorff	1,45	0,71	0,84	0,49	0,90

* Els nombres són l'índex de Davies-Bouldin presentat a l'equació (10), que mesura la qualitat de la separació dels clústers: com més petit, millor separació. Es marquen en negreta els valors més petits de cada columna.

Primer utilitzem dues representacions simples de la forma de la tela amb característiques de nivell baix similars a les usades en la nostra:

i) Segments: per a una malla determinada escollim els segments de les vores mostrats a la figura 2 i calculem la distància mínima per parells. Això genera un vector de representació de llargada equivalent a les *coordenades dGLI* (fixeu-vos que, a diferència de la *dGLI*, les coordenades d'aquest vector sempre són no negatives). Utilitzem la distància de Spearman per a comparar dues mostres diferents. Aquesta representació és invariant a moviments rígids del pla.

ii) Puntes: per a una malla rectangular determinada calculem la distància per parells entre les quatre puntes. En el cas dels pantalons curts, agafem els 6 nodes indicats a la figura 2. Es poden calcular 6 o 15 números no negatius per a qualsevol tela que són invariants a moviments rígids i donen una representació trivial de l'estat de la tela. També utilitzem la distància de Spearman per a comparar les diferents mostres.

Utilitzem també dos mètodes clàssics per a mesurar distàncies entre corbes i polígons [4, 33] agafant la corba discreta completa del contorn de les peces de roba com la representació d'estat:

iii) Fréchet: per a comparar dues mostres diferents calculem la distància de Fréchet (discreta) [10] entre les corbes. Aquesta distància té en compte la localització i l'ordenació dels punts al llarg de les corbes. Com que aquesta distància no és invariant a moviments rígids, cal centrar i alinear les mostres amb cura abans de comparar-les. Per a fer-ho, se centren les corbes a l'origen i se'n fa un alineament rígid calculant la rotació que minimitza la distància entre els punts de les corbes.

iv) Hausdorff: per a comparar dues mostres diferents calculem la distància de Hausdorff (discreta) entre els punts de les corbes [13]. En essència, dues corbes són properes segons Hausdorff si cada punt de les corbes és proper a algun punt de l'altra. Aquesta distància no té en compte el fet que els conjunts que compara són corbes i, per tant, s'espera que sigui menys sensible que la distància de Fréchet. Igual que abans, com que aquesta distància no és invariant a moviments rígids, cal centrar i alinear les mostres abans de comparar-les.

A la taula 1 es mostra el càlcul de l'índex DB per a les nostres *coordenades dGLI* i els altres quatre mètodes presentats utilitzant la base de dades completa i les quatre seqüències de plegament mencionades com a escenaris de prova. A la taula s'aprecia que el nostre mètode obté el DB més baix en els cinc escenaris, fet que indica que entre els mètodes estudiats el nostre és el que millor representa els diferents estats de plegament dels tèxtils.

4.4. Classificació d'imatges reals

Havent comprovat que el nostre mètode era capaç de representar els estats de plegament de la tela amb precisió, vam

implementar un classificador simple d'estats de plegament de tela real per a avaluar-ne l'aplicabilitat. Per a fer-ho, s'escull un element representatiu sintètic de cada classe en la base de dades de la figura 4 i s'estima la classe d'una mostra real nova no classificada per a escollir-ne el representant més proper utilitzant la distància de Spearman.

Les imatges reals es prenen des d'una posició zenital a 52 cm de la taula amb una càmera 3D Microsoft Azure Kinect DK. S'utilitza un únic tovalló amb tres adhesius de colors (que implementen un codi de variacions de quatre colors) enganxats al llarg de cada segment de la vora, prop d'una punta i a cada banda. Primer utilitzem la segmentació per color per a detectar el centre de cada adhesiu i obtenir el punt 3D corresponent del mapa de profunditat. Havent detectat tots els marcadors, amb les combinacions de colors a cada segment podem identificar cada punta individual de la tela (hi ha quatre adhesius del mateix color al voltant de cada punta) i les seves posicions al segment segons la mateixa selecció de segments a les vores que a la figura 2. La mida obtinguda de les vores observades és més de 400 vegades més gran que les vores de les mostres de la base de dades simulada, però gràcies a utilitzar la distància de Spearman, això no afecta els valors de la distància quan es comparen formes de mides diferents.

A la matriu de confusió de la figura 4 es pot veure que algunes classes tenen més dispersió en distància a causa

de la variació d'orientació de les puntes. Per a aquestes classes hem escollit tres representants diferents que es corresponen amb els tres subgrups que s'identifiquen clarament en la matriu de confusió. Mostrem la silueta dels representants escollits per a cada classe a la figura 5. La taula de la figura 6 mostra els resultats de la classificació.

L'únic error de classificació és l'última imatge de la classe 04. D'altra banda, fixeu-vos que és un cas molt extrem, en què les vores de la tela estan en una posició relativa molt similar al cas pla sense plegar i per això es classifica com a classe 01. És un error comprensible, ja que la tela es pot considerar prou plana.

Fixeu-vos que només podem detectar els tèxtils amb tots els adhesius visibles i, per tant, les classes amb vores amagades, com ara les classes des de la 09 fins a la 12, que tenen un plegament per sota de la roba, no apareixen al conjunt de mostres reals. D'altra banda, el classificador va utilitzar les dotze classes de la base de dades simulada igualment i això demostra que les classes absents no generen confusió en el procés de classificació.

5. Conclusions

Hem proposat les *coordenades de tela dGLI*, una representació de les configuracions de la tela basades en una derivada

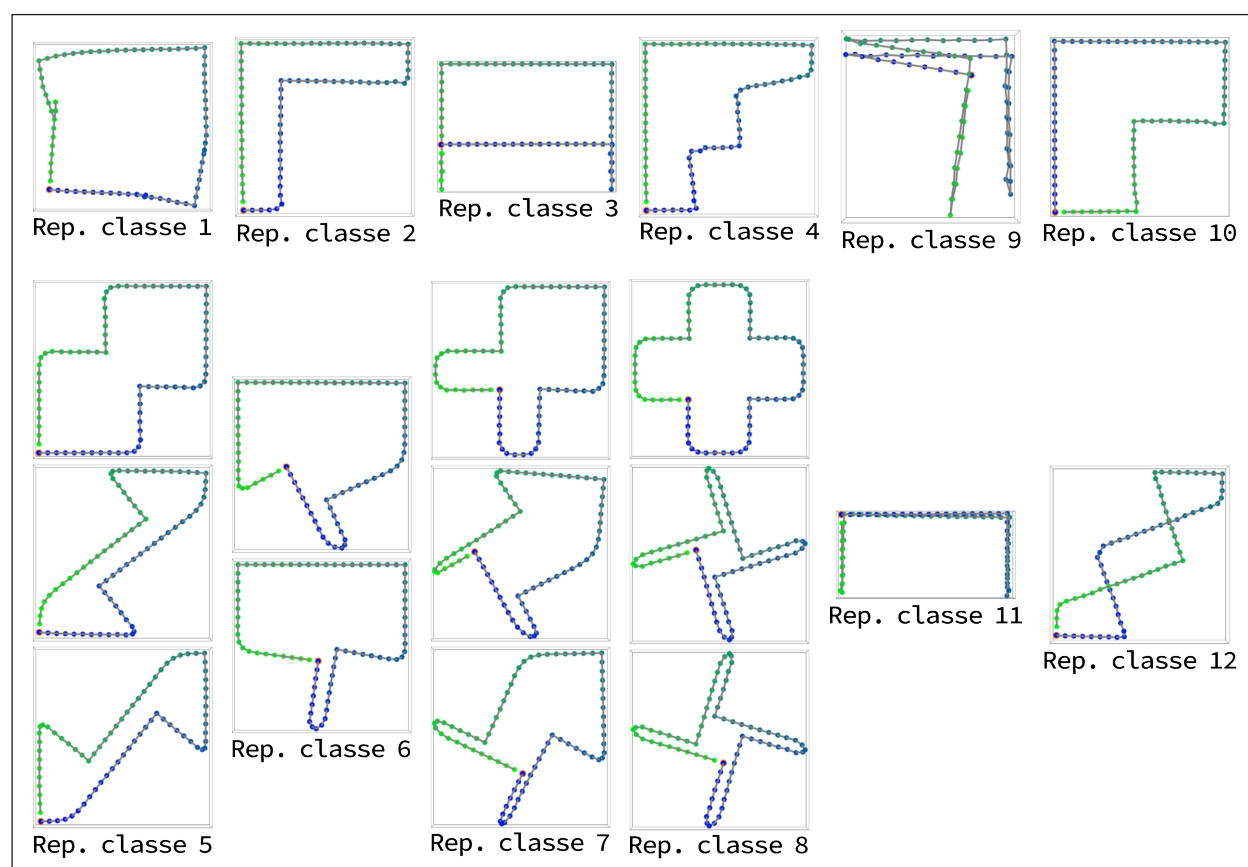


FIGURA 5. Representants sintètics escollits per a cada classe. Quan només se n'escull un, és el més proper al centroid de la classe. Quan una classe és més dispersa, s'escullen representants addicionals per a representar els subgrups de la classe.

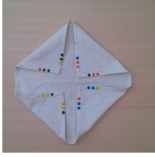
VT	Imatges del tovalló amb la classe assignada						
02							
	02	02	02	02	02	02	02
03							
	03	03	03	03	03	03	
04							
	04	04	04	04	04	04	01
05							
	05	05	05	05	05	05	05
06							
	06	06	06	06			
07							
	07	07	07	07	07	07	
08							
	08						

FIGURA 6. Resultats de la classificació d'imatges reals utilitzant la base de dades simulada de la figura 4 com a referència. La primera columna mostra la classe veritat de referència (VR) de les imatges i sota de cada imatge s'indica la classe assignada.

direccional d'un índex topològic que redueix en gran manera la dimensió de l'espai de configuracions de la tela fins a un vector de dimensió 28 (per a una tela rectangular). No obstant això, aquesta representació reduïda conserva prou informació sobre les configuracions per a distingir-les segons les possibilitats de premsió utilitzant la distància de Spearman. El fet que amb la nostra representació puguem classificar configuracions de tela reals a partir de mostres simulades (figura 6) és molt prometedor per a aplicacions

de planificació de manipulació de tela. Addicionalment, la nostra representació permet diferents eleccions de v , la direcció de pertorbació, i de $\mathcal{S}$, el subconjunt de segments de vores escollit, per tal que es pugui ajustar la representació a la tasca en qüestió i millorar-ne els resultats. A més a més, hem avaluat amb èxit el poder expressiu de la nostra representació durant la seqüència de plegament d'una peça de roba amb una topologia no trivial (uns pantalons curts). Per acabar, com que el nostre mètode no està basat

en l'aprenentatge, no necessita dades d'entrenament, és del tot explicable i és robust respecte a configuracions que no pertanyin al conjunt d'entrenament.

En resum, les *coordenades de tela dGLI* permeten la connexió entre les característiques de nivell baix en les diferents configuracions de la tela, com ara la posició de puntes i vores, i la identificació semàntica d'alt nivell dels estats de la tela, que es relaciona amb les possibilitats de prensió que ofereix.

6. Limitacions i estudis futurs

Tot i que aquest estudi fa una suposició agosarada, que és que coneixem tota la vora de la tela, els algorismes de percepció comencen a oferir solucions a aquest problema. Per exemple, a [26] es desenvolupa un mètode per a detectar parts de roba adequades per a la prensió i, més recentment, l'enfocament d'aprenentatge profund presentat a [25] pot identificar puntes i vores, malgrat que encara no identifiqui tot el contorn. El nostre grup està treballant en diferents mètodes matemàtics i d'aprenentatge profund per a *al·lucinar* el contorn complet a partir d'una imatge (o núvol de punts) de la tela per a superar aquesta limitació.

Mentrestant, la nostra representació és completament vàlida per a simulacions amb diverses aplicacions importants, com ara construir conjunts de dades que requereixin segmentació automàtica dels estats de la tela (p. ex. [5]), monitorar la manipulació de la tela i guiar els mètodes de planificació. Tenim la intenció de seguir aquestes línies de recerca a les quals aquest estudi ha obert la porta.

Els estudis futurs també han d'incloure una anàlisi detallada de l'espai de configuracions definit per les nostres coordenades. En particular, ens agradaria identificar una partició de l'espai que correspongui a una partició de configuracions segons les possibilitats de prensió, els estats de les quals siguin veïns en aquesta partició, i quins són els camins més curts d'un estat a l'altre. S'espera que aquesta línia de recerca sigui especialment complexa i rica per a peces de roba amb topologia no trivial. Volem dur a terme aquest estudi de manera analítica i mitjançant mètodes d'aprenentatge, els quals creiem que donaran resultats millors quan es disposi de més dades i se'ls doni una estructura amb la nostra representació.

Agraïments

Aquest estudi es va fer dins del projecte CLOTHILDE, que ha rebut finançament del Consell Europeu de Recerca (ERC) dins del programa de recerca i innovació de la UE Horitzó 2020 (acord de subvenció núm. 741930). M. Alberich-Carramiñana també està afiliada a la Barcelona Graduate School of Mathematics (BGSMath) i a l'Institut de Matemàtiques de la UPC-BarcelonaTech (IMTech), i tant ella com J. Amorós estan finançats parcialment per

l'Agència Estatal d'Investigació espanyola AEI/10.13039/501100011033 subvenció PID2019-103849GB-I00 i pel projecte AGAUR 2021 SGR 00603 Geometry of Manifolds and Applications, GEOMVAP. J. Borràs està finançada per l'Agència Estatal d'Investigació espanyola MCIN/AEI/10.13039/501100011033 subvenció PID2020-118649RB-I00 (projecte CHLOE-GRAPH).

Bibliografia

- [1] ADLINGER, J.; KLAPPER, I.; TABOR, M. (1995). «Formulae for the calculation and estimation of writhe». *Journal of Knot Theory and Its Ramifications*, núm. 4, p. 343-372.
- [2] AKSOY, E. E.; ABRAMOV, A.; DÖRR, J.; NING, K.; DELLEN, B.; WÖRGÖTTER, F. (2011). «Learning the semantics of object-action relations by observation». *International Journal of Robotics Research*, núm. 30 (10), p. 1229-1249.
- [3] ALBERICH-CARRAMIÑANA, M.; AMORÓS, J.; COLTRARO, F. (2021). *Developable surfaces with prescribed boundary: A Extended Abstracts GEOMVAP 2019*. Springer-Birkhaeuser.
- [4] ALT, H.; GODAU, M. (1995). «Computing the fréchet distance between two polygonal curves». *International Journal of Computational Geometry & Applications*, núm. 5(01n02), p. 75-91.
- [5] BORRÀS, J.; BOIX-GRANELL, A.; FOIX, S.; TORRAS, C. (2023). «A virtual reality framework for fast dataset creation applied to cloth manipulation with automatic semantic labelling». A: *2023 IEEE International Conference on Robotics and Automation [IEEE]*, p. 11605-11611.
- [6] BOUSQUET-JETTE, C.; ACHICHE, S.; BEAINI, D.; LAW-KAM CIO, Y.; LEBLOND- MÉNARD, C.; RAISON, M. (2017). «Fast scene analysis using vision and artificial intelligence for object prehension by an assistive robot». *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, núm. 63, p. 33-44.
- [7] COLTRARO, F.; AMORÓS, J.; ALBERICH-CARRAMIÑANA, M.; TORRAS, C. (2022). «An inextensible model for the robotic manipulation of textiles». *Applied Mathematical Modelling*, núm. 101, p. 832-858.
- [8] DAVIES, D. L.; BOULDIN, D. W. (1979). «A cluster separation measure». *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, PAMI, núm. 1(2), p. 224-227.
- [9] DOUMANOGLOU, A.; STRIA, J.; PELEKA, G.; MARIOLIS, I.; PETRIK, V.; KARGAKOS, A.; WAGNER, L.; HLAVAC, V.; KIM, T.-K.; MALLASSIOTIS, S. (2016). «Folding clothes autonomously: A complete pipeline». *IEEE Transactions on Robotics*, núm. 32 (6), p. 1461-1478.
- [10] EITER, T.; MANNILA, H. (1994). *Computing discrete fréchet distance*.
- [11] EPPLER, M. (1998). «Orbits of asteroids, a braid, and the first link invariant». *The Mathematical Intelligencer*, núm. 20, p. 45-52.
- [12] FAIRES, J.; BURDEN, R. (2012). *Numerical Methods*. 4a ed. Cengage Learning.
- [13] HENRIKSON, J. (1999). «Completeness and total boundedness of the hausdorff metric». *MIT Undergraduate Journal of Mathematics*, núm. 1 (69-80), p. 10.

- [14] HO, E. S.; KOMURA, T.; RAMAMOORTHY, S.; VIJAYAKUMAR, S. (2010). «Controlling humanoid robots in topology coordinates». A: *2010 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems*. IEEE, p. 178-182.
- [15] HO, S. L. (2011). *Topology-based character motion synthesis*. Tesi doctoral. University of Edinburgh.
- [16] IVAN, V.; ZARUBIN, D.; TOUSSAINT, M.; KOMURA, T.; VIJAYAKUMAR, S. (2013). «Topology-based representations for motion planning and generalization in dynamic environments with interactions». *The International Journal of Robotics Research*, núm. 32 (9-10), p. 1151-1163.
- [17] JANGIR, R.; ALENYA, G.; TORRAS, C. (2020). «Dynamic cloth manipulation with deep reinforcement learning». A: *IEEE International Conference on Robotics and Automation*, p. 4630-4636.
- [18] KLENIN, K.; LANGOWSKI, J. (2000). «Computation of writhe in modeling of supercoiled DNA». *Biopolymers*, núm. 54 (5), p. 307-317.
- [19] LEVITT, M. (1983). «Protein folding by restrained energy minimization and molecular dynamics». *Journal of Molecular Biology*, núm. 170 (3), p. 723-764.
- [20] LIPPI, M.; POKLUKAR, P.; WELLE, M. C.; VARAVA, A.; YIN, H.; MARINO, A.; KRAGIC, D. (2020). «Latent space roadmap for visual action planning of deformable and rigid object manipulation». A: *IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems*, p. 5619-5626.
- [21] MATAS, J.; JAMES, S.; DAVISON, A. J. (2018). «Sim-to-real reinforcement learning for deformable object manipulation». A: *Proceedings of Conference on Robotic Learning*.
- [22] MILLER, S.; BERG, J. VAN DEN; FRITZ, M.; DARRELL, T.; GOLDBERG, K.; ABBEEL, P. (2012). «A geometric approach to robotic laundry folding». *The International Journal of Robotics Research*, núm. 31 (2), p. 249-267.
- [23] POHL, W. F. (1980). «DNA and differential geometry». *The Mathematical Intelligencer*, núm. 3, p. 20-27.
- [24] POKORNY, F. T.; STORK, J. A.; KRAGIC, D. (2013). «Grasping objects with holes: A topological approach». A: *2013 IEEE International Conference on Robotics and Automation*. IEEE, p. 1100-1107.
- [25] QIAN, J.; WENG, T.; ZHANG, L.; OKORN, B.; HELD, D. (2020). «Cloth region segmentation for robust grasp selection». A: *IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems*, p. 9553-9560.
- [26] RAMISA, A.; ALENYÀ, G.; MORENO-NOGUER, F.; TORRAS, C. (2016). «A 3d descriptor to detect task-oriented grasping points in clothing». *Pattern Recognition*, núm. 60, p. 936-948.
- [27] RICCA, R. L.; NIPOTI, B. (2011). «Gauss linking number revisited». *Journal of Knot Theory and Its Ramifications*, núm. 20, p. 1325-1343.
- [28] SANCHEZ, J.; CORRALES, J.-A.; BOUZGARROU, B.-C.; MEZOUAR, Y. (2018). «Robotic manipulation and sensing of deformable objects in domestic and industrial applications: a survey». *The International Journal of Robotics Research*, núm. 37 (7), p. 688-716.
- [29] SEITA, D.; GANAPATHI, A.; HOQUE, R.; HWANG, M.; CEN, E.; TANWANI, A. K.; BALAKRISHNA, A.; THANANIEYAN, B.; ICHNOWSKI, J.; JAMALI, N. et al. (2020). «Deep imitation learning of sequential fabric smoothing policies». A: *IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems*, p. 9651-9658.
- [30] STORK, J. A.; POKORNY, F. T.; KRAGIC, D. (2013). «Integrated motion and clasp planning with virtual linking». A: *2013 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems*. IEEE, p. 3007-3014.
- [31] STORK, J. A.; POKORNY, F. T.; KRAGIC, D. (2013). «A topology-based object representation for clasping, latching and hooking». A: *2013 13th IEEE-RAS International Conference on Humanoid Robots (Humanoids)*. IEEE, p. 138-145.
- [32] TANAKA, D.; ARNOLD, S.; YAMAZAKI, K. (2018). «Emd net: An encode-manipulate-decode network for cloth manipulation». *IEEE Robotics and Automation Letters*, núm. 3 (3), p. 1771-1778.
- [33] VELTKAMP, R. C.; HAGEDOORN, M. (2001). «State of the art in shape matching». A: *Principles of visual information retrieval*, p. 87-119.
- [34] WÖRGÖTTER, F.; AKSOY, E. E.; KRÜGER, N.; PIATER, J.; UDE, A.; TAMOSIUNAITE, M. (2013). «A simple ontology of manipulation actions based on hand-object relations». *IEEE Transactions on Autonomous Mental Development*, núm. 5 (2), p. 117-134.
- [35] YIN, H.; VARAVA, A.; KRAGIC, D. (2021). «Modeling, learning, perception, and control methods for deformable object manipulation». *Science Robotics*, núm. 6 (54), p. eabd8803.
- [36] YUAN, W.; HANG, K.; SONG, H.; KRAGIC, D.; WANG, M. Y.; STORK, J. A. (2019). «Reinforcement learning in topology-based representation for human body movement with whole arm manipulation». A: *2019 International Conference on Robotics and Automation (ICRA)*. IEEE, p. 2153-2160.
- [37] ZARUBIN, D.; IVAN, V.; TOUSSAINT, M.; KOMURA, T.; VIJAYAKUMAR, S. (2012). «Hierarchical motion planning in topological representations». A: *Proceedings of Robotics: Science and Systems VIII*.

ELABORACIÓ D'UN DRON: DE FABRICACIÓ PRÒPIA I AMB UN PRESSUPOST LIMITAT

Fabio Mora Melero

Estudiant de segon de batxillerat a l'Institut Josep Lluís Sert, Castelldefels. famora2015@gmail.com

Introducció

Els drons cada cop tenen més rellevància en la nostra societat. Això és causat per la gran gamma d'aplicacions per a les quals es poden fer servir i la diversitat de models existents; els models de la figura 1 en són alguns exemples:

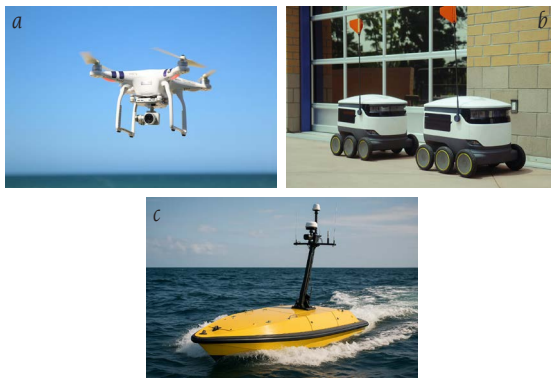


FIGURA 1. De dalt a baix i d'esquerra a dreta, tres tipus de vehicles autònoms (UV, *unscrewed vehicle*): a) aeri (UAV, *uncrewed aerial vehicle*), b) terrestre (UGV, *uncrewed ground vehicle*) i c) aquàtic (WUV, *waterborne unmanned vehicle*), respectivament.

FONT: a) <<https://www.pexels.com/photo/a-drone-camera-flying-in-the-air-8459532/>>, sota llicència CC lliure d'ús; b) <<https://www.pexels.com/photo/delivery-robots-parked-beside-building-8566527/>>, sota llicència CC lliure d'ús; c) generada per intel·ligència artificial amb ChatGPT.

Tot i així, la majoria són produïts i dissenyats per empreses privades plenes de confidencialitats. A més, la quantitat de treballs d'investigació que documenten el disseny i procés d'elaboració d'un dron completament des de zero, detalladament, amb un muntatge i xassís propi no és elevada. Així que em va semblar interessant dissenyar-ne un des de zero i crear-lo, per a poder aportar coneixement nou.

En el treball s'ha elaborat un dron ajustat a un pressupost de 100 €, i, com que no es volia adquirir un comandament a distància comercial perquè es volia elaborar el projecte des de les bases fonamentals, també se'n va haver de crear un.

El xassís (modular i per hèlices de 0,245 m) ha estat dissenyat digitalment, per al qual han calgut moltes versions i subversions (figura 2), i s'ha imprès amb

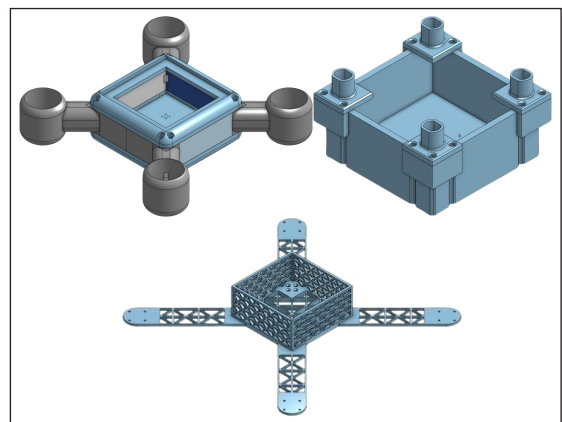


FIGURA 2. Cada imatge correspon respectivament a l'última subversió de cadascuna de les tres versions elaborades: V1, V2 i V3; per tant, la imatge a la dreta és la versió final del xassís.

FONT: Elaboració pròpia.

una impressora 3D utilitzant filament de polièster termoplàstic, concretament àcid polilàctic (PLA) perquè és biodegradable.

Adicionalment, sense l'expectativa prèvia d'efectuar-les, es van dissenyar dues plaques de circuit imprès (PCB) per als muntatges bàsics, es va idear una estació de càrrega solar per a la pila del dron i es va crear una app per a substituir el comandament a distància (aquesta última amb problemes d'execució de realitat), com es mostra en la figura 3.

Hipòtesi i objectius

Vaig intentar mantenir un grau de realisme, però, tot i no ser un treball simple, em va semblar encara més interessant afegir més dificultat al treball addicionant un pressupost molt limitat. La hipòtesi és la següent: «És possible crear un dron que sigui capaç d'eleva-se un mínim de 2 metres utilitzant una placa base Arduino amb un pressupost inferior o igual a 100 € i que com a mínim tingui un rang de 50 metres».

Per a verificar la certesa de la hipòtesi es van plantejar sis objectius principals:

1. Crear un dron controlat per una placa base Arduino (xassís 3D imprès, circuit i programa).

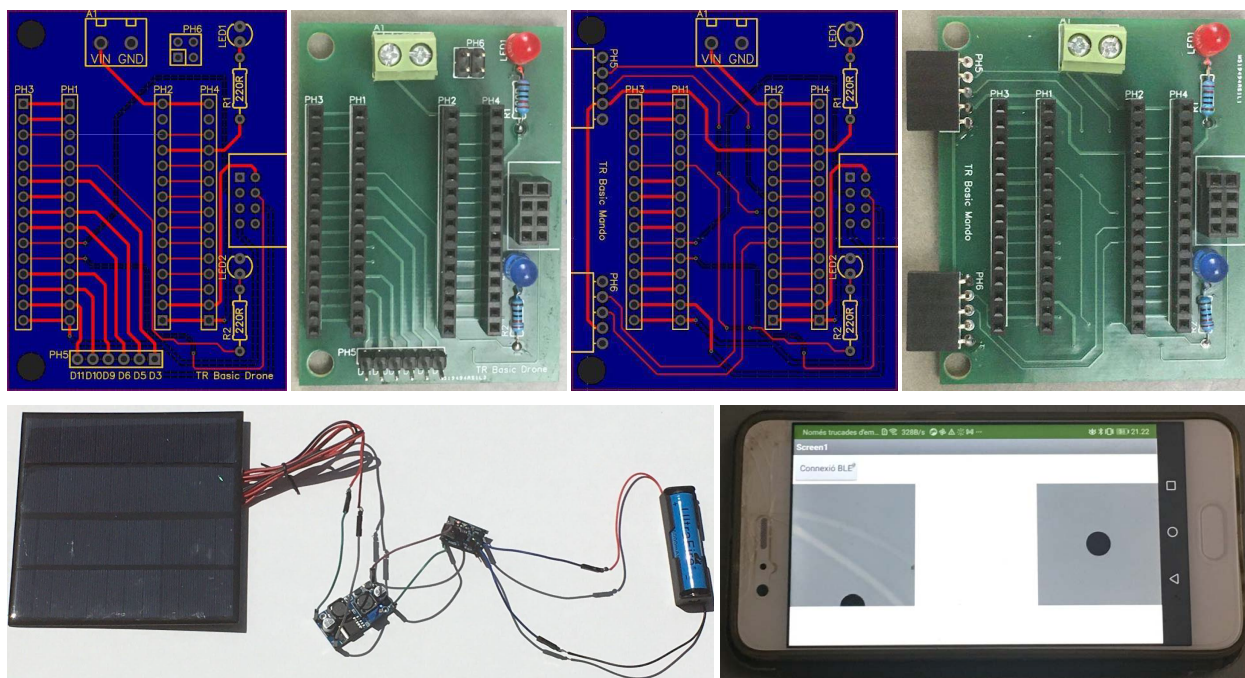


FIGURA 3. Disseny i muntatge de la PCB del dron i comandament a distància, estació de càrrega solar i aplicació mòbil, respectivament.
FONT: Elaboració pròpia.

2. Crear un comandament a distància per a controlar el dron amb una placa base Arduino (circuit i programa).
3. Obtindre una comunicació adequada entre el comandament a distància i el dron.
4. Obtindre un vol adequat i una elevació mínima de 2 metres amb el dron.
5. Obtindre una comunicació entre el dron i el comandament d'un mínim abast de 50 metres.
6. Tenir una despesa inferior o igual a 100 € en la construcció del dron.

Metodologia¹

La metodologia emprada ha estat principalment autodiàdacta (procés mostrat en la figura 4), combinant tant conceptes teòrics trobats en el món digital com l'execució de procediments empírics que han complementat l'adquisició de coneixements a partir de la pràctica.

De manera genèrica, les bases de l'elaboració han estat l'ús de components electrònics i la programació de la microcontroladora Arduino Nano ATmega328P amb el llenguatge de programació C++ i l'entorn de treball d'Arduino (figura 5).

En breus paraules, primer es va fer una cerca sobre el funcionament dels drons (principis físics, diferents configuracions, problemes que cal tenir en compte...), posteriorment es va passar a la selecció dels components necessaris

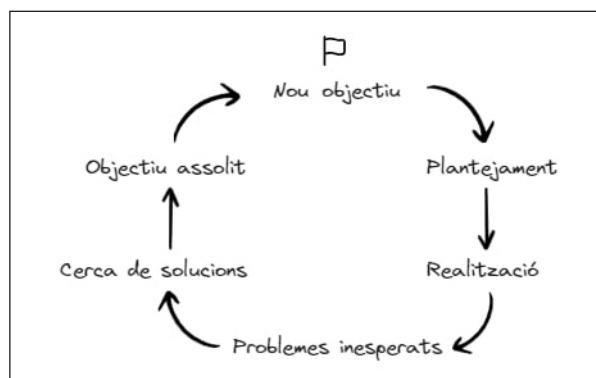


FIGURA 4. Imatge representativa dels processos amb la metodologia seguida.
FONT: Elaboració pròpia mitjançant l'eina digital en línia Excalidraw.

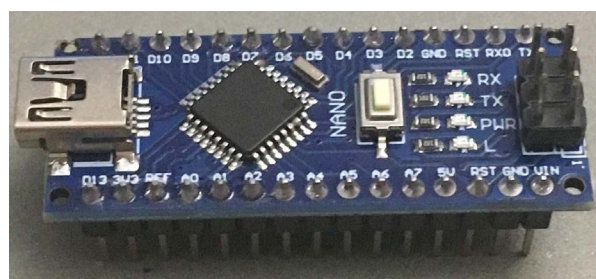


FIGURA 5. Imatge d'una Arduino Nano ATmega328P.
FONT: Elaboració pròpia.

i es van fer onze proves pràctiques individuals relacionades amb les funcionalitats que es volien implementar (Codis Proves). En l'última prova l'objectiu era l'apropament a un possible disseny final i, finalment, es va efectuar un procés d'implementacions que va permetre arribar al disseny final del dron.

1. En cas que sigui d'interès, al final d'aquest article es poden trobar vinculats els tres enllaços d'importància del treball de recerca; en el treball s'explica de manera exhaustivament detallada (Capítol 3. Pràctica Detallada) tot el procés d'elaboració.

Resultats

Gràcies a l'elaboració de les proves, es va poder arribar a un acabat bastant compacte en el disseny final bàsic (figura 6):



FIGURA 6. Muntatge bàsic del dron i del comandament a distància, respectivament.

FONT: Elaboració pròpia.

De la mateixa manera, posteriorment, també van ser implementades millores (figura 7) i expansions de funcionalitats: es va afegir un altímetre al dron, una pantalla al comandament i es va aconseguir la geolocalització amb un mòdul GPS; tot i això, es va comprovar en proves de vol que aquest mòdul GPS dificultava el vol, així que finalment no va ser implementat.

Per a compensar-ho vaig decidir al final, després d'haver dubtat molt, elaborar una aplicació mòbil (amb MIT app inventor) per a substituir el comandament. Però també em vaig trobar amb problemes: l'aplicació va ser elaborada sense tenir en compte els problemes de la realitat; és a dir, el temps de transmissió de dades no és instantani, en la pràctica no és funcional, però sí idealment.

Per finalitzar, es van fer múltiples proves de vol i es va constatar l'assoliment del control en l'eix x , y i z del dron, però desgraciadament em vaig topiar amb un problema anòmal (estrany, inusual i no documentat) que n'impossibilita l'elevació adequada. En moments no previstos (no s'ha identificat cap patró), els motors comencen a girar molt ràpid. Amb el programari s'ha pogut fer que quan això passi els motors es parin (ja que és molt perillós), però no s'ha aconseguit que no passi (perquè és anòmal), cosa que fa que la hipòtesi hagi quedat parcialment validada, i que s'hagin assolit cinc dels sis objectius plantejats inicialment.

Conclusions

En conclusió, s'ha pogut elaborar un dron i el seu respectiu comandament a distància, una gran part de la hipòtesi ha estat validada, per exemple, xassís, pressupost, codi, circuits, disseny..., però no s'ha pogut obtenir una elevació

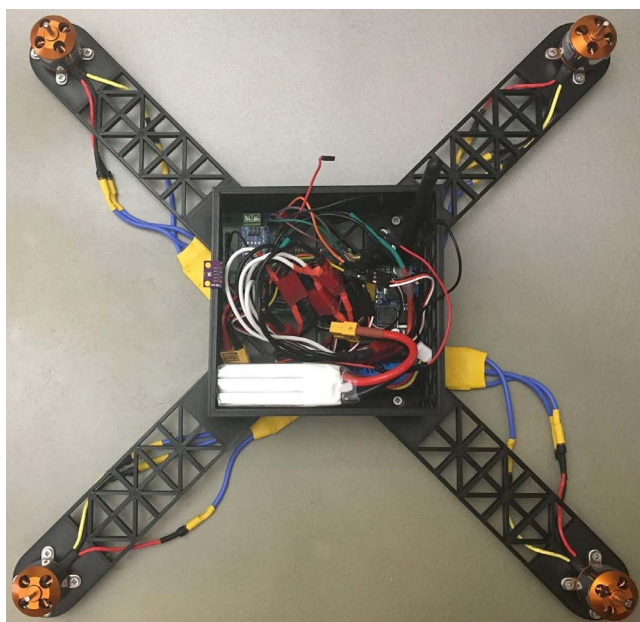
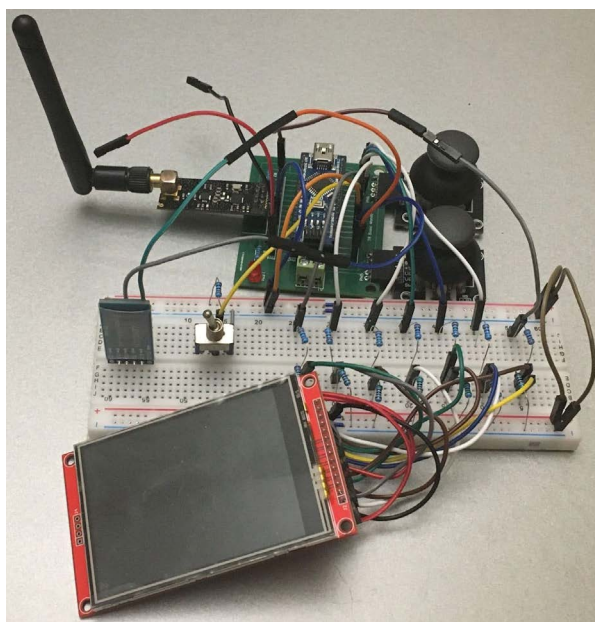


FIGURA 7. Muntatge després de l'etapa d'implementacions del dron i del comandament a distància, respectivament.

FONT: Elaboració pròpia.



considerable (superior a dos metres) tot i que el control dels moviments sí que és funcional.

Per tant, unes possibles millores serien, en primera instància, l'assoliment complet del vol, també la implementació del GPS i la millora de l'aplicació mòbil. Uns fets destacables, des del meu punt de vista, són l'assoliment d'un xassís modular imprès en 3D (amb PLA, que no és tan resistent com, per exemple, l'ABS, però sí biodegradable), la creació de plaques PCB, ja que no estava inicialment plantejat, i la utilització d'energia renovable per a carregar la bateria del dron. Per acabar, en el projecte s'han tingut en consideració els objectius següents de l'Agenda 2030: el 5 (Igualtat de gènere), el 7 (Energia assequible i no contaminant), el 10 (Reducció de les desigualtats) i el 13 (Acció pel clima).

Agraïments

Agraïments al meu tutor Albert Esteve, al professor Pablo Royo de la Universitat Politècnica de Catalunya, als meus progenitors i a tot individu que proporciona ajut i comparteix de manera pública el seu coneixement.

Enllaços del treball

[Cos del Treball](#) (Google Docs i on es pot trobar la webgrafia), [Codis](#) (Repositori GitHub), [Carpetes Recapituladora](#) (Google Drive).

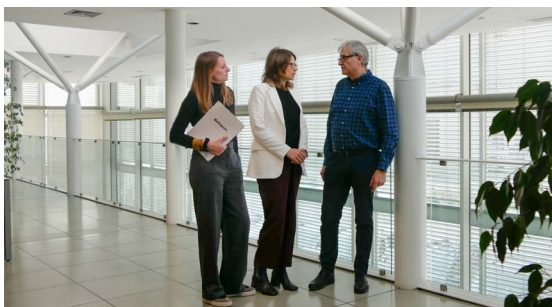
ENTREVISTA A FRANCESC ARBÓS

«LA NOSTRA FEINA ÉS FER QUE LA REALITAT SIGUI MILLOR QUE LA SIMULACIÓ»

Daniel Trias

Professor agregat. Departament d'Enginyeria Mecànica i de la Construcció Industrial. Universitat de Girona. dani.trias@udg.edu

L'empresa Bellapart, situada a la Garrotxa (inicialment a Olot i actualment a les Preses, al costat d'Olot) i liderada per la família Arbós, ha construït durant les darreres dècades façanes i estructures de vidre dissenyades per alguns dels grans arquitectes del continent. Són responsables, entre molts d'altres, de projectes d'alta complexitat, com les plataformes de vidre per a visitants de la Torre Eiffel, l'hivernacle de la destil·leria Bombay Sapphire (Whitchurch, Regne Unit) i el paviment amb vidre a l'estadi de Wembley (Londres). L'èxit d'aquests projectes rau en l'aplicació de les tecnologies més avançades en l'arquitectura, l'aposta per la recerca aplicada dins l'empresa i la col·laboració amb centres de recerca i universitats. Recentment, han estat guardonats amb els premis a «La millor gesta en enginyeria» i «Projecte de l'any» als Glass Magazine Awards i el premi de la Society of Façade Engineering (SFE) al «Projecte de l'Any en Estructures Especials», per l'execució de la façana de Le Visionnaire, el nou edifici a la seu de l'Oréal a París. Parlar amb Francesc Arbós sempre resulta interessant i inspirador. En aquesta entrevista, a les Preses, ens parla del projecte guardonat, però també dels moments més rellevants i la manera de fer d'una empresa familiar amb renom internacional.



Francesc Arbós amb Sara Arbós (al centre) i Paula Arbós (a l'esquerra) a la seu de Bellapart, a les Preses.

FONT: Bellapart.

El meu segon cognom és Bellapart. Exactament, aquest gener fa quaranta-tres anys que vaig començar a Bellapart, una empresa que va fundar el meu avi abans de la Guerra Civil. En aquella època, la indústria que governava la societat aquí era la tèxtil. I tot-hom, directament o indirectament, treballava per al tèxtil.

I com es fa el salt d'un taller mecànic que treballa per a la indústria tèxtil a una enginyeria que dissenya i construeix façanes i elements constructius de vidre espectaculars i que podem veure per tot el món?

Sí, bé, són aquestes morts i aquests renaixements que fan que una empresa duri. És molt difícil que una empresa duri fent el mateix, tret que sigui un producte de primera generació o que no canviï la tecnologia. El que va passar en el cas del maquinària tèxtil és que, de seguida que van poder entrar màquines britàniques i tecnologia europea, el que hi havia aquí no tenia cap nivell competitiu.

I en algun moment passeu a construir mobiliari...

El meu avi va morir jove, als cinquanta-dos anys, i sempre va treballar per al tèxtil, però el meu pare va fer primer mobiliari, llavors vam passar a fer finestres amb perfils de ferro laminat en calent, després finestres mixtes amb perfils petits de ferro i amb uns llistons d'alumini... I després, a partir d'aquí, vam passar a fer finestres d'alumini. Després, va arribar un moment que vam buscar tecnologia. Un amic que el meu pare havia fet en un càmping li va concertar una entrevista a Suïssa amb un empresari. Hi va marxar en cotxe i no sé com s'ho va fer perquè no parlava francès, però va tornar després de més d'una setmana, quan ja estàvem preocupats, va mirar la meua mare i li va dir «hem de demanar un crèdit al banc de... —no recordo quants— milions de pessetes», que en aquella època semblava una animalada. A partir d'ara extrudirem tota la tecnologia d'aquesta empresa perquè hem arribat a un acord. I a partir d'aquí vam entrar al món de les façanes i vam començar a aprendre dels suïssos.

I tu treballes a l'empresa familiar i llavors decideixes estudiar Enginyeria Industrial?

No, quan feia COU, jo deia que volia estudiar Biologia, però el meu pare va dir «no pot ser, de cap manera».

Així va ser una mica per imposició.

No, no, una mica no.

Totalment.

Totalment tampoc, perquè jo m'hi vaig resistir una mica al principi, però la força contrària va ser superior. El que em va agradar més dels estudis van ser les estructures i, per això, en lloc de fer només tancaments, sempre tenia l'ambició de fer estructures, però que les pogués barrejar amb els tancaments. I això és el que fem ara: fem estructures metàl·liques, una mica especials o molt especials, que són el suport del tancament, però ho fem de manera que hi ha molt poca interfase entre estructura i tancament. Fem que pràcticament sigui la mateixa cosa i moltes vegades, inclús, és la mateixa cosa, perquè fem treballar el vidre estructuralment.

I per tant, vas a acabar la carrera i t'incorpores a Bellapart...

Bé, acabo cap al juny, me'n vaig a fer els sis mesos que em quedaven de milícies, i llavors, vaig acabar al desembre i al gener vaig començar a Bellapart.

Què creus que vas fer per poder fer el salt als grans projectes i a les façanes estructurals que feu actualment?

Hi va haver una disrupció, sí, al principi, el que fèiem aquí eren majoritàriament tancaments d'alumini i vidre, però no manipulàvem el vidre, fèiem només la part metàl·lica, i els vidriers venien i instal·laven el vidre. I això generava molts problemes perquè de vegades preniem les mides malament o havies de donar tu les mides amb la responsabilitat del teu costat. Llavors, vaig decidir incorporar-hi el vidre: nosaltres compraríem el vidre directament i l'incorporaríem a les nostres estructures. Això ja va ser un petit canvi d'integració. Llavors, vam començar a tenir coneixement sobre el vidre, vam començar a estudiar, a veure quin era aquest material i com funcionava. Però, tot i això, no m'agradava, perquè continuava fent tancaments, i això no em motivava.

I quan decideixes començar a fer façanes estructurals, doncs?

Amb el meu pare normalment visitàvem la fira Batimat, a París, una fira molt gran que encara existeix. Hi anàvem a veure què es feia i agafar idees. Portàvem dos dies de fira i jo estava ja ben tip de veure finestres i baranes, i vaig dir al meu pare: «Mira, acaben d'inaugurar la Villette,¹ que és un museu de la ciència i la tècnica, per què no l'anem a veure?

Perquè això ja m'ho sé de memòria, i no podem passar mig dia més aquí, no?». Així que vam agafar el metro per anar a l'altra punta de París i hi vaig descobrir dues coses. Primer, la cúpula geodèsica² que hi ha allà i vaig dir: «Jo vull fer això». I també vaig descobrir les vidrieres dels hivernacles, amb els vidres suportats per unes bigues de cable pretensades, i fixats en cargols articulats. Així que no vaig visitar el museu, vaig agafar la meua cartera i em vaig posar a dibuixar tots els detalls de la façana. Vaig estar-m'hi no sé quantes hores. Mentrestant, el meu pare va visitar el museu, però jo no. I quan vaig tornar aquí, vaig dir, vull fer bigues de cables i vidre fixat puntualment, i vull fer geodèsiques. I així va ser.

Però això suposava un canvi tecnològic important. Com us ho va fer?

Em vaig vendre les màquines amb les quals fabricava finestres de PVC, en aquella època. Me les va comprar un mallorquí que les va portar a Cuba per fabricar finestres per als hotels dels inversors mallorquins de Cuba. I amb els diners que vaig fer, vaig comprar torns de control numèric. El canvi important va ser aquest.

I llavors, a poc a poc, aneu participant en projectes, entenc, cada cop més grans, no?

Sí, intentem posicionar-nos en projectes, més singulars, més difícils, més innovadors. Tot i això, és difícil portar una empresa petita, d'un poble petit i d'Espanya. Això a Europa costa molt d'entendre, però si un és prou tossut, la gent s'acostuma a tu, i quan es comença a acostumar una mica a tu i et troba com «de la família», llavors hi ha un dia que et dona una oportunitat. És molta perseverança, però és qüestió de no rendir-te fàcilment.

Quan col·laboreu amb un despatx d'arquitectes o d'enginyeria ells aporten un disseny d'una façana feta?

Bé, la veritat és que això ha anat evolucionant molt. Quan nosaltres vam començar, no hi havia enginyeries de façanes. No existia aquest concepte. Hi havia enginyeria, però aquestes enginyeries normalment tenien una banda que eren infraestructures i tenien l'altra banda que era edificació. I la part aquesta de tancaments era més de detall constructiu i molt poc estructural i no s'hi parava tanta atenció. Quan això va anar evolucionant —de fet, jo ho vaig aprendre dels suïssos, això—, va sortir aquest concepte d'enginyeria de façanes. Els arquitectes cada cop més em demanaven: «Calcula'm aquests vidres» o «Quines bigues hem de posar aquí? I com ha de ser el muntant?». Primer vam haver de fer entendre als arquitectes que aquests càlculs i el fet d'assumir la responsabilitat del disseny tenia un cost i que si havíem de fer una part del projecte pel qual ells cobraven uns honoraris, ens ho havien de pagar. Recordo la resposta del primer arquitecte, que va

1. <https://www.cite-sciences.fr/fr/accueil>

2. https://ca.wikipedia.org/wiki/La_Géode

ser: «Jo que estic acostumat a cobrar i ara tu em dius que t'hauria de pagar». Com tot canvi, suposa un rebuig, però actualment a Espanya no sé quantes enginyeries de façanes hi ha que només es dediquen a fer càlculs i detalls d'enginyeria de façanes.

**Amb quin nivell de detall ho tenen pensat?
O senzillament tenen una imatge o un render del
que volen fer i vosaltres ho heu de materialitzar?**

Doncs jo sempre poso la imatge de l'iceberg, no? Ells solucionen el que es veu, però hi ha tota una part oculta que ens toca a nosaltres. Per bé que estigui el projecte que ells presentin, hi ha una part molt més gran que no es veu i que cal pensar i fer. Hi ha excepcions, eh? Jo posaria, com a molt, dues excepcions al món, potser una, rectifico. Només hi ha una enginyeria, que podries construir directament amb els plànols que t'envien, Schlaich Bergermann de Stuttgart. Però, llevat d'aquesta excepció, els altres fan aquesta punta de l'iceberg. I aquí és on intervenim: entenem el concepte, entenem el plantejament estructural, entenem el plantejament estètic, perquè han escollit els materials que han escollit, tot això pot estar molt bé, però això s'ha de fabricar, s'ha d'unir, i llavors hi ha molta complexitat en resoldre les interfases i les unions que no estan detallades.

**I potser ells no ho saben resoldre, no són
conscients de la problemàtica, segurament, no?**

Poden ser-ne conscients, però jo crec que arriba un moment que també veuen que els sobrepassa. A més, les solucions poden ser una mica diferents entre diferents empreses, perquè depèn dels teus mitjans de producció, també. Per exemple, nosaltres estem ben preparats per a mecanitzar, però, per exemple, no podem estar prou ben preparats en plegat de xapa, per dir alguna cosa. Nosaltres tenim tendència, per una qüestió pròpia de precisió, de mecanitzar moltes coses. Llavors, quan nosaltres ens plantejem reptes que són difícils en geometria i, on a més a més, necessiten molta precisió, tendim a buscar solucions mecanitzades. Com que tenim els mitjans, podem fer-ho. Una altra empresa pot abordar aquesta solució des d'una altra perspectiva perquè té uns altres mitjans.

**I davant d'un projecte que un arquitecte planteja
cadascú hi ofereix la seva solució constructiva...**

Sí, el projecte surt a concurs i nosaltres els diem, el teu projecte era tot soldat i aquest soldat era *in situ*, però nosaltres veiem que tindrem moltes deformacions, veiem que tindrem unes toleràncies molt grans i amb la nostra proposta fugim de la tolerància del vidre. Per tant, ho farem tot mecanitzat i tot collat perquè tindrem la precisió que necessitem i això quedarà així —els mostrem un prototip— i valdrà tant. Però pot venir un altre que digui, ho faig com tu dius, jo t'ho soldo i en sé molt, de soldar, i defensa la seva opció. I llavors, aquí, trien.

**Tornant una mica a la història de l'empresa, arriba
un moment que hi incorpores part de la família...**

Sí. Tinc tres fills, dues filles i un fill. La gran és la Sara i ella és una *aerofan*, que li deien els anglesos. Una *aerofan* és aquella mainada que sense saber per què i sense que hi hagi antecedents a la família estan enamorats de l'àmbit aeroespacial. La Sara quan tenia cinc o sis anys un dia va tornar de l'escola plorant perquè l'havien renyat perquè tot el dia dibuixava coets... O sigui que era ben bé vocacional. Així que aviat va saber que volia estudiar Enginyeria Aero-nàutica. Llavors, encara no es podia estudiar a Terrassa, però, quan va acabar el batxillerat, en lloc d'anar a Madrid, va dir, vull anar a Londres a l'Imperial College, quan jo no sabia ni que existia. Va marxar sola als disset anys a fer la prova d'accés. Entre uns sis-cents aspirants en van triar vuitanta-quatre i ella va ser una de les seleccionades. I la seva educació és britànica.

Per tant, jo no comptava amb ella perquè continués a l'empresa. D'altra banda, la meva segona filla, la Paula, va estudiar Art Dramàtic a l'Institut del Teatre i no comptava amb ella perquè vingués a l'empresa. I el meu fill va estudiar Història i no comptava amb ell perquè vingués a l'empresa. Així que vaig passar una època conscient que les altres empreses de la zona ja anaven incorporant la pròxima generació a les seves files i jo no podia fer-ho. Llavors, vaig professionalitzar la direcció perquè d'una manera o d'una altra havia de preparar un relleu, perquè vull que Bellapart perduri. Així que durant uns sis anys vam tenir un director extern.

Però ara la CEO de Bellapart és la Sara...

La Sara va decidir venir. Ella explica que perquè jo l'hi vaig demanar i en certa manera és veritat. Després de fer el doctorat a l'Imperial College i un postdoc a Poitiers, tornava a ser a Londres. Un cop que estàvem treballant allà, la vaig anar a veure per anar a dinar amb ella i veure una mica com li anava la vida. De camí, mig endormiscat al tren vaig tenir com un flaix i de cop i volta vaig pensar: «Em sembla que vaig a buscar la Sara». L'hi vaig explicar i ella em va dir que de vegades s'enyorava. Li vaig dir que no havia de quedar-se patint, que si anava a Madrid o a Barcelona tindria feina segur. Va dir «deixem-ho córrer», però aquesta llavor va quedar i al cap de poc va decidir tornar i va venir aquí i ara n'està encantada.

I la Paula s'ocupa del màrqueting de l'empresa...

De cop i volta va venir la covid. La Paula portava la direcció d'una escola d'arts escèniques a Barcelona i es va quedar sense feina, perquè estava tot tancat. Li vaig dir que vingués aquí, al Departament de Màrqueting. Va estudiar un màster de Màrqueting i Vendes a ESADE i ara és la directora comercial. O sigui que ja tinc dues terceres parts de la família treballant a Bellapart quan no m'ho hauria pensat mai.

**Recentment, heu rebut el premis de la SFE
al projecte de l'any en estructures especials per
la façana de vidre de Le Visionnaire, el nou edifici**

de l'Oréal a París. Quin ha estat el desafiament més gran que ha suposat aquest projecte?

Ja havíem fet altres projectes molt complexos en el passat o, en general, altres reptes que havien estat, d'alguna manera, una evolució que ens hi havia anat preparant. És a dir, el que hem anat fent cada vegada ens ha preparat una mica més, sempre hem sumat, de cada projecte n'hem après molt, hem sumat molt i això cada vegada ens ha fet confiar més en nosaltres i en la nostra capacitat de resoldre coses que *a priori* desconeixem. De vegades dic que com a empresa no venc res en concret, només venc la capacitat de sortir-me'n d'una cosa que encara no sé fer, i és una mica aquest món on som: ens demanen coses que no saben si es poden fer del tot o estan mig embastades i hem d'acabar-hi d'arribar. En aquest edifici de l'Oréal el disseny és molt maco, l'execució ha estat exquisida i la metodologia que hem fet servir ha funcionat de meravella. Tot ha anat bé, gràcies a Déu, i ha estat premiat, no només un premi sinó dos: un als Estats Units i un aquí, a Europa.³ Realment ha tingut molt d'èxit, ens ha enganxat en un moment d'una motxilla amb molta experiència d'obres anteriors i el vam poder encarar molt bé des del principi. Vam veure de quina manera l'havíem de fer i després vam ser persistents, com sempre, per superar els reptes que van anar sortint. Això no surt tampoc a la primera. La proposta constructiva que vam fer directament va ser la guanyadora perquè vam demostrar, tant teòricament com amb un prototip, que allò funcionaria i l'execució que vam fer va ser molt i molt precisa, potser la més precisa que hem fet mai, i això va facilitar que el muntatge fos com un LEGO: les peces arribaven ja acabades, pintades, numerades i només van fer falta tres persones per a muntar-les totes.

En un muntatge en què totes les peces són diferents i amb doble curvatura...

Cadascuna és completament diferent: hi ha peces corbades, peces mecanitzades i també hi vam incorporar una nova tecnologia que era vidre de doble curvatura —vidre esfèric, que en diem, tot i que no sigui esfèric estrictament—, trempat, que abans no es podia fer. Com a molt, es podia fer amb vidre cilíndric —amb una sola curvatura— trempat (un tractament tèrmic que n'augmenta la resistència), però el que vam aconseguir per primera vegada a França i diria que per segona vegada a Europa, no sé si a Espanya se n'ha fet cap encara, va ser una aplicació d'estructura nova amb vidre esfèric.

I com es fa per a muntar una estructura en què totes les peces són diferents, amb només tres operaris? Cal arribar-hi i que tot encaixi i que no hi hagi errors. A banda de la dificultat tècnica de fabricar un vidre trempat amb doble curvatura,

cal un gran nivell de gestió de projectes i d'organització per a després arribar a l'obra, muntar-ho i que tot encaixi.

Els nostres directors de projecte són gent que ha passat per totes les etapes d'un projecte abans: ha estat a l'obra, ha estat dibuixant, ha estat calculant... i aquesta gent ha acumulat també una manera de fer organitzativa que és l'òptima per a aconseguir els objectius. També gràcies a tot el sistema de gestió Lean, que ha implementat la Sara, tant a l'oficina tècnica com al taller, on també seguim les 5S per tenir-ho tot ordenat i net, tota aquesta capa base, tot aquest fonament organitzatiu és vital perquè no ens desviem de l'objectiu.

Et voldria preguntar també una cosa sobre l'educació i la formació. Abans has dit que la Sara és d'educació britànica. Com ho compares, respecte a Espanya, respecte a Europa o quines diferències hi veus?

Respecte als llatins. França, per exemple, també és llatina en aquest aspecte, són molt més organitzats que els espanyols, però tenen aquest esperit de foc, són reactius s'enfaden o criden. Un britànic no ho fa mai, la sang no arriba mai al riu i són molt més pragmàtics, més orientats a la solució. Saben que hi haurà conflicte i estan molt més orientats a entendre el tema econòmic i el benefici i el que costen les coses. Tot i que, és clar, sempre depèn de les persones.

Però com valoren la formació que estem donant a les universitats?

La gent que tenim aquí és molt competent, molt trempada, molt bona gent i té molt d'interès. Intentem fer la millor selecció que podem, és evident. Però també nosaltres hem de donar perquè això passi. No podem esperar que algú arribi i ja està, això és una feina de tots, nosaltres tenim claríssim que el que dones t'ho dones i el que no dones t'ho prens. És a dir, és un tema de generositat i ho has de donar tot, i llavors les coses van millor. Ara bé, dit això, hi ha hagut una davallada patent en el nivell acadèmic a la sortida de les universitats. No t'ho diré en paraules meves: una empresa multinacional que ara fa quaranta anys es va instal·lar en una gran planta a Barcelona, en aquests quaranta anys, ha fet pràcticament el mateix examen de selecció de personal i, per tant, tenen una estructura homogènia d'avaluació durant quaranta anys. Les qualificacions han anat linealment a la baixa en tots aquests quaranta anys i ells seleccionen molts enginyers de tot arreu.

I per tant no és un fet només de l'educació catalana o espanyola...

Aquests resultats acadèmics venen d'aquesta nova manera d'explicar-se el món, de no assumir les responsabilitats davant de la realitat que tens, perquè així no tens problemes, no tens conflictes, però tampoc ningú aprèn res. El conflicte ha d'existir. Nosaltres fem obres molt complexes i es generen conflictes. És normal. El que hem d'aprendre

3. Els premis de la Society of Façade Engineering es donen al Regne Unit, mentre que els Glass Magazine Awards tenen seu als Estats Units.

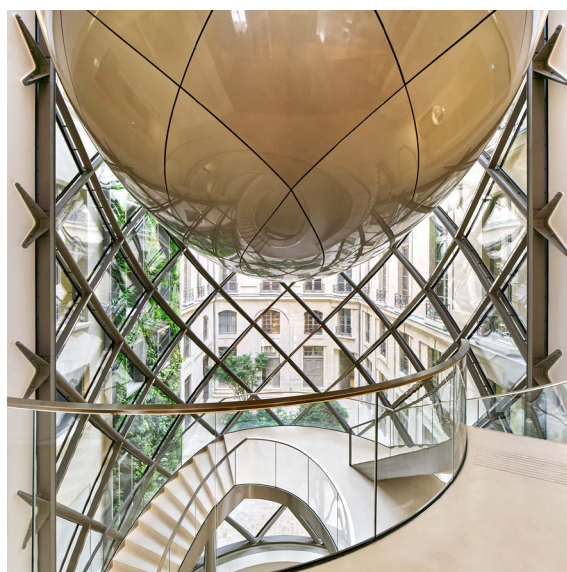
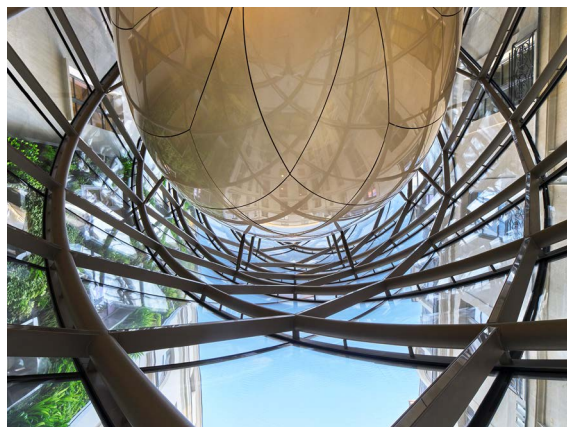


FIGURA 1. L'edifici *Le Visionnaire* de l'Oréal, 14 rue Royale, París.
FONT: Florénce Joubert (esquerra), Michel Denance (dreta).

en tot cas és a acceptar-los i després a gestionar-los. I això d'haver acceptat i d'haver gestionat el conflicte suposa una millora sempre.

Pel que expliques, en la selecció de personal és potser més important aquesta capacitat de gestionar el conflicte que el perfil tècnic que tingui...

Per això dic que aquí nosaltres hi hem de posar perquè, és clar, això no s'aprèn a l'*acadèmia*. Això nosaltres ho vivim cada dia i la manera com nosaltres gestionem el que va passant és una manera que el nostre entorn també n'aprengui. Però no ho fem nosaltres sols. Per exemple, la Sara ha organitzat uns seminaris conduïts per una psicòloga especialitzada en teràpia breu estratègica i que és *coach* d'empreses. Ve aquí els divendres al matí i es reuneix amb tot l'equip de direcció de projectes i comparteixen les seves angoixes i els seus conflictes, conflictes relacionals, amb el cap d'obra, entre companys... Això s'aborda en comunitat i amb algú que ho lidera i crec que està funcionant molt bé. No ho sabem tot, aquí, però hem de buscar la gent que en sap i que ens vingui a ajudar amb aquests temes.

Així doncs, quan feu selecció de personal, en quins aspectes dels candidats us fixeu més?

D'entrada, en el currículum acadèmic. Però, després, també els posem un petit examen tècnic. Simplement són reptes que posem, no cal que sàpiguen res del nostre ram, però així també veiem com responen. I llavors, és clar, amb una entrevista personal per a veure la part humana. Podríem tenir un geni però que sigui una persona que genera molta negativitat, però tampoc ens convé, per dir-ho d'alguna manera, algú poc competent però molt positiu. Cal buscar el terme intermedi. També entrevistem gent a qui se li encén la flama, que li agrada el que fem. O sigui, ens estimem més aquest, que no algú que digui «bé, jo no sé si m'agrada». Contractem gent per quedar-s'hi, no per pics de feina de sis mesos.

Perquè entenc que la part creativa també la valoreu molt.

Bé, aquesta part creativa s'aprèn molt aquí. Perquè, és clar, cada projecte és un món. Hi ha tants reptes en un projecte! El que m'agrada és la interacció entre producció i enginyeria. Aquí les coses no es decideixen només en en-



FIGURA 2. Muntatge de la cúpula de *Le Visionnaire*.
FONT: Floréncia Joubert.

gingeria, no som tan savis. És a dir, nosaltres cridem els nostres encarregats o l'especialista del centre de mecanitzat o l'especialista de soldadura o els operaris que munten obra i els expliquem el que hem de fer i com ho hem pensat nosaltres i els preguntem com ho farien. Llavors, ens diuen: «Ui, pensa en això altre», «Ui, vigila amb això», «El que funciona és això». És a dir, aquí no tenim les respostes. Els operaris que tenim entenen el material des d'una perspectiva que nosaltres no l'entendrem mai. Perquè saben com pesa, saben la rugositat que té, en saben la duresa, perquè el tallen, el solden, el vinclen... l'entenen! Tenen un coneixement del material, nosaltres el tenim a la pissarra, però aquesta part no se sap, no es transmet. Per això és fonamental considerar-la a l'hora de dissenyar. Per tant, des de dalt, a l'oficina de nous projectes, ja els ho consultem.

Part del vostre èxit és la cura per l'estètica, perquè el que esteu produint són coses que sempre han de ser estèticament boniques. Potser la gent que ve d'Arquitectura, ja que també teniu arquitectes, ja hi estan acostumats, però la gent d'un perfil més tècnic, potser no estem habituats a aquesta cerca de la bellesa. Això també és una cosa que van aprenent aquí dins?

Per a nosaltres això és una especificació. Una de les especificacions és que estèticament sigui igual que als plànols i

els *renders* que ens donen. Nosaltres hem de complir aquests requisits, i llavors hem de decidir com ho fabricarem, i amb quines toleràncies, amb quin material... Per això si agafes un *render* de l'Oréal i agafes una foto de l'obra final, veuràs que ho hem aconseguit amb escreix, perquè t'agradarà molt més la realitat que no pas la simulació. Quan ho fas molt bé, t'agrada més la realitat. Són detalls que es poden veure a un pam, si ens acostem a la façana. Però els detalls també són apreciables a 300 metres. En el sentit que, quan tens acostumada la vista, quan jo veig un edifici a 300 metres de distància, dic, «ostres, que ben fet que està». I, en canvi, en veig un altre a 300 metres que no m'acaba d'agradar. I llavors, si t'hi acostes a un pam, veus el perquè. A 300 metres tu no saps el perquè, però quan t'hi acostes hi ha un perquè.

Enllaços d'interès

Bellapart: <https://www.bellapart.com/>. Inclou la descripció de molts projectes i un recull d'articles científics.

Le Visionnaire: Espace Francois Dalle - Entrevista a Arnau Bover (Bellapart) (en anglès): <https://www.youtube.com/watch?v=imeYnOXrFPM>.

Le Visionnaire - Espace François Dalle, a place for inventing the future of beauty: <https://www.loreal.com/en/articles/group/le-visionnaire/>.

RESSENYES

CARLA CLAVERA (2024). *Petar-ho a les xarxes, en català*. Barcelona: Cossetània. 136 p. ISBN 978-84-1356-358-9.



Vicent Partal defensava al darrer informe de l'Institut d'Estudis Catalans (IEC) (2023) sobre «Usos socials del català» que el català pot ser una llengua global per diversos motius, i en concret una opció excel·lent per a esdevenir allò que diuen influenciador a les xarxes socials. La

jove Carla Clavera li ha

donat tota la raó en aquesta obra, que si bé podem pensar que s'adreça d'entrada a un públic jove, molta gent a partir de la mitjana edat caldria que la llegís, si més no per a intentar entendre el fenomen de les xarxes socials i l'impacte que té sobre les llengües minoritzades. Perquè «el català serà llengua tecnològica, o no serà», vaig defensar en el mateix informe d'usos socials, i cal especialment encoratjar tothom a fer un pas endavant en contextos en què es fa difícil mantenir el català, especialment si es vol arribar a un públic ampli, davant llengües com l'anglès o el castellà.

Petar-ho a les xarxes, en català neix com una reflexió tecnològica fresca, juvenívola i directa sobre la creació de contingut en català a les xarxes socials. L'autora ho fa apropant-se al tema de manera biogràfica, personal i autèntica. Ja per començar insisteix en la necessitat de ser fidel a un mateix: no cal canviar o ocultar el que som, ni perdre la identitat (lingüística o cultural). Pot semblar una tonteria, però és més necessari que mai recordar-ho, i no només als joves. No cal renunciar al català a les xarxes, màxim si constatem que cada vegada hi haurà més i millors sistemes de traducció automàtica en qualsevol llengua! Tu parla en la teva llengua, que jo et rebré en la meua, sense problema.

El català ja té una presència significativa en grans plataformes com Facebook, X (Twitter), Instagram, Tik-

Tok, YouTube i, fins i tot, per què no dir-ho, Tinder. Això significa que hi ha una base d'usuaris substancial que parla i entén el català, cosa que ofereix un públic potencialment ampli per a les publicacions i per als continguts. A la missatgeria, moltes de les aplicacions més populars, com Messenger, Telegram, WhatsApp o Skype, ofereixen fa temps suport en català. Això facilita la comunicació amb els seguidors i fans en la nostra llengua, i fa que la interacció sigui més personalitzada. I quan el contingut és de qualitat, no patiu, com hem dit abans, la tecnologia farà la seva feina, i ens traduirà per a arribar a més usuaris.

Carla Clavera ha sabut estructurar el seu missatge, de manera pragmàtica i fluida: sense caure en tòpics, ens recorda que al final les xarxes socials són un mitjà periodístic i comunicatiu més. Dissecciona amb detall les característiques dels seus principals canals (Instagram, X, TikTok i YouTube), i dona bons consells en el quart capítol («No tot són flors i violes»), sobre com bregar amb algunes problemàtiques clàssiques de les xarxes, com poden ser la sobreexposició, l'assetjament o fer front a les crítiques, potencialment molt dures en el món dels *haters* (odiadors).

La presència de mitjans de comunicació en català a la xarxa ofereix noves oportunitats laborals i per a col·laboracions. Començar a treballar amb mitjans locals pot ajudar els que s'hi llancen a *petar-ho*: primer per a arribar a una audiència més gran dins de la comunitat catalanoparlant, per a després generar més seguidors i influència, fins i tot fora de l'àrea lingüística pròpia. Tot i que, com molt bé tanca Carla Clavera, gestionar, mantenir i fer créixer una comunitat digital no és una tasca automàtica: requereix esforç, dedicació i, per què no esmentar-ho, la professionalitat que ella ha sabut transmetre en aquest llibre.

Se'n pot llegir l'índex i un fragment a: <https://lafines trajectora.cat/wp-content/PDFS/cossetania/tasts/TASTPetar-ho-xarxes.pdf>

Antoni Hernández-Fernández

MARTA AYMERICH I ÀNGELS FITÓ (ed.) (2024). *Dones de ciència, tecnologia i pensament*. Barcelona: Viena. 192 p. ISBN 978-84-1947-442-1.



El llibre *Dones de ciència, tecnologia i pensament* ofereix un retrat fascinant de vint-i-una dones excepcionals que han excel·lit en disciplines científiques, tecnològiques i humanístiques al llarg de la història. En aquest recull, la directora del e-Health Center, Marta Aymerich, i la rectora de la Universitat Oberta de Catalunya (UOC), Àngels Fitó, trenquen amb els estereotips de gènere, i ens conviden a reflexionar

sobre les contribucions de les dones en aquests àmbits. Sovint són poc reconegudes o, directament «invisibilitzades», com així va titular, per exemple, Núria Salán, presidenta de la Societat Catalana de Tecnologia, l'exposició i múltiples conferències sobre dona i tecnologia que ha fet els darrers anys: «l'enginy invisible». Les autores aborden les dificultats i els obstacles que les protagonistes van haver d'afrontar pel fet de ser dones, i fan evident des del començament que, no obstant això, per molt que hagin passat els anys, aquests reptes encara persisteixen, sobretot en alguns sectors socials.

L'obra s'estructura al voltant de les experiències vitals i acadèmiques d'aquestes dones d'orígens, disciplines i contextos històrics molt diversos, però amb una alternança clara entre dones «locals», com Carme Torras o Montserrat Roig, i «globals», com Ada Lovelace o Martha Chase. Són majoritàriament investigadores que van desafiar les barreres socials i pensadores que van trencar els motlles d'allò establert. El llibre és, així, un homenatge al talent femení i un recordatori de la necessitat de valorar les aportacions femenines en el món de la ciència i la tecnologia.

Ara bé, si analitzem la realitat educativa al batxillerat i la universitat catalana, veurem que la tecnologia queda especialment marginada: on realment no hi ha gaires noies matriculades és als batxillerats tecnològics, cosa que després repercuteix ineludiblement, posem per cas, en el percentatge de dones als graus d'Enginyeria. Als batxillerats científics, en general, les noies ja fa anys que són majoria, i posteriorment s'incorporen a disciplines com la medicina, la veterinària, la biologia o la fisioteràpia, actualment sense necessitat d'un foment especial de les vocacions en aquestes àrees. És a dir, sense òbviament no deixar de visibilitzar les contribucions de les dones a la ciència, potser caldria posar més el focus en els referents femenins tecnològics. Mentre que en les ciències biosanitàries les dones ja són majoria a Catalunya, en cicles formatius o carreres tècniques encara queda molt camí per recórrer per a assolir la paritat. Però, com les autores indiquen, es tracta que

les dones puguin escollir lliurement el seu futur acadèmic i professional, amb referents estimulants, anant més enllà de les estadístiques. És aquesta una màxima també aplicable als homes, atès que són també perjudicats pels estereotips masclistes en els àmbits considerats «femenins» (infermeria, atenció sociosanitària...) en què, ves per on, anirien molt bé obres d'aquest estil, per a ells.

Dones de ciència, tecnologia i pensament és un llibre que pot actuar com a font d'inspiració per a les futures generacions. La seva lectura és imprescindible per a qualsevol persona interessada a conèixer algunes dones clau de l'àmbit científic i tecnològic, i s'afegeix a esforços anteriors com l'obra d'Oriol Boix i Sandra Posada *100 dones clau en la història de la ciència i la tecnologia* (Cossetània, 2022). Perquè desfer els estereotips de gènere i fomentar les vocacions científiques i tecnològiques entre les dones continua sent un objectiu que és molt necessari.

Aymerich i Fitó ofereixen, així, un relat ben documentat i bàsic, i ho fan a més, indirectament, mostrant-se elles mateixes com a dones en càrrecs de responsabilitat, un fet en què encara som molt lluny de la paritat, en especial a l'acadèmia i les grans empreses. En definitiva, es tracta d'un volum fonamental per a estudiants, docents i qualsevol persona interessada en la història de la ciència, la tecnologia i el pensament en general.

Se'n pot llegir un fragment a: https://viennaedicions.com/sites/default/files/tast_dones_de_ciencia_tecnologia_i_pensament.pdf

Antoni Hernández-Fernández

JOSEP LLUÍS MICÓ (2024). *Artificialitis: Què els passa pel cap als malalts de la intel·ligència artificial*. Barcelona: Saldonar. 174 p. ISBN (ed. impresa) 978-84-19571-36-6; ISBN (ed. digital) 978-84-19571-37-3. [Amb pròleg d'Elisabet Golobardes i comentaris sincers d'Irene Micó]



Artificialitis és una assaig escrit per Josep Lluís Micó, periodista, director del diari *Regió 7* i expert en comunicació, amb la complicitat i col·laboració inestimable de la seva filla de setze anys, Irene Micó, que aporta una perspectiva fresca i jove, un contrapunt divertit i alhora rellevant al debat social sobre la intel·ligència artificial (IA). Aquesta combinació d'experiència i joventut proporciona una visió única i

polièdrica sobre el fenomen de la IA, del qual s'ha escrit molt en els darrers anys, però res que s'assembla a aquest llibre.

Publicada el 2024 per Edicions Saldonar, una editorial independent pertanyent a l'associació Llegir en Català, Jo-

sep Lluís Micó desenvolupa temes complexos sobre la IA i l'impacte social d'aquesta tecnologia. El títol *Artificialitis* fa referència a una «inflamació social» per la sobreabundància de referències a la IA en els mitjans de comunicació i en la vida quotidiana, i planteja així una mirada crítica i irònica davant aquest fenomen. Micó és sincer i directe des del començament, és un llibre fonamentat en el primer principi de la declaració de Barcelona (2017) sobre l'ús ètic de la IA: el principi de prudència. Sí, és clar, l'hem rebotat des del minut 1. Per això ens diu (p. 18-19): «No, *Artificialitis* no està concebut contra res ni contra ningú. Està pensat per esperonar els badocs i apardalats a examinar allò que se'ns vol vendre, abans de rendir-s'hi amb l'estultícia de la qual fan ostentació les administracions, les empreses, les universitats o els mitjans, i despatxar amb condescendència les poques persones que declarem alguna cautela».

L'omnipresència de la IA a la nostra vida diària es barreja amb alegria amb la quotidianitat i l'estil amè i entretingut del llibre, que impacta per la contundència de les reflexions a les quals, de manera natural, ens porta Micó, i la seva, per moments irreverent amb el pare, filla. L'excés de confiança en la tecnologia pot portar a una alienació emocional i social. ChatGPT i altres IA generatives s'han presentat com a solucions màgiques. No obstant això, l'autor fa una crida a la reflexió crítica: som capaços de controlar aquesta tecnologia? O, en canvi, estem deixant que siguin les empreses tecnològiques les que ens utilitzin a nosaltres, i la IA només és un mitjà de control social més?

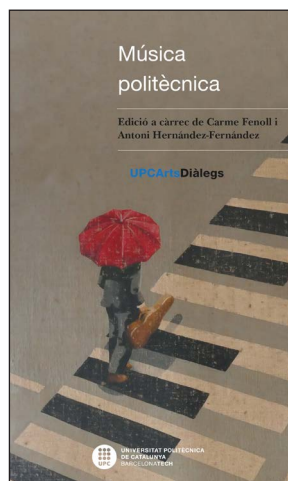
Irene, no. El teu pare no és massa «pesat»: necessitem arguments i reflexions com els que planteja. I també, per descomptat, la perspectiva del jovent com tu! Potser teniu una visió més pragmàtica i desinhibida sobre la tecnologia. La tensió entre generacions, totes consumidores de tecnologia, tot i que de manera diferent, és un dels grans encerts del llibre. Són dues veus que es complementen, hi ha una complicitat familiar inevitable i, a la vegada, es qüestionen mútuament.

En definitiva, *Artificialitis* no és un llibre que demonitzi la tecnologia ni la IA, sinó que més aviat cerca fomentar una reflexió crítica sobre l'ús que en fem. L'obra ens convida a no caure en l'enlluernament per la tecnologia i a mantenir una posició equilibrada que valori els beneficis i els perills d'aquesta «inflamació» tecnològica, així com a establir un diàleg social i intergeneracional sobre els usos de la tecnologia que, a totes llums, és bàsic.

Se'n pot llegir l'índex i un fragment a: <https://www.saldonar.com/llibre/artificialitis>.

Antoni Hernández-Fernández

CARME FENOLL; ANTONI HERNÁNDEZ-FERNÁNDEZ (ed.) (2024). *Música politècnica*. Barcelona: Iniciativa Digital Politècnica. 106 p. ISBN (ed. impresa) 978-84-10008-87-8; ISBN (ed. digital) 978-84-10008-88-5.



Ens trobem davant d'un enriquidor recull de deu capítols (més un pròleg) en què la música és fil conductor i protagonista; una protagonista que serà acompanyada per tres personatges més: la universitat, les matemàtiques i l'algorítmica. Cada capítol (de diferents autors, cadascú amb el seu bagatge i el seu punt de vista) obre la porta a anècdotes, experiències i coneixement que estableixen vincles entre la música i els estudis politècnics.

La primera secció del llibre és dedicada a les relacions entre música i universitat. En aquests capítols podrem trobar un context històric, imprescindible per a entendre els vincles entre aquests dos mons. Però també hi trobarem l'inspirador testimoni de Laura Vivó, que narra com neix l'associació Pianos Vius. El lector receptiu podria sentir un desig irrefrenable de visitar una de les sis escoles que s'enumeren per tal d'interpretar una petita peça de Bach en un dels pianos que s'hi troben. Perquè, com apunta Mireia Planas al capítol següent, la música, a partir de l'emoció, ens vincula més enllà del seu coneixement. No és estrany, llavors, que un edifici pensat com a centre de saviesa albergui un instrument per al gaudi col·lectiu.

Les corals universitàries són també un nexa popular, un refugi musical dins de les universitats, que serveixen com a punts de trobada entre alumnes, professors i personal universitari. En aquest llibre hi trobarem el testimoni de Pilar Nieto, presidenta de la coral d'Arquitectura, seguit d'un capítol amb una visió més històrica de les corals universitàries, presentades per Clara Prats.

A la segona secció del llibre, titulat *Música i matemàtiques*, hi trobarem dos capítols. Al primer, Alberto Royo dona una àmplia visió amb pinzellades sobre fractals, harmonia, proporcions pitagòriques, el nombre auri, etc. Gran part d'aquest coneixement prové de l'antiga Grècia, quan la música era considerada una de les set arts fonamentals. Royo afirma que no hi ha cap emoció autèntica sense mesuratge ni coneixements. Després d'una visió tan àmplia i conceptual, Pilar Bayer ens acompanya en una immersió als aspectes més tècnics i matemàtics del so. Potser aquesta no és la secció més reeixida d'aquest llibre, però el contrast entre els dos capítols encoratgen el lector a pensar més enllà del que un veu a simple vista.

En l'última secció del llibre obtindrem informació sobre la iniciativa MusicData UPC i les diverses conferències,

debats i tallers fets durant el curs 2023-2024. El capítol següent trenca el fil conductor de la música i descriu tres projectes de cocreació artística des del punt de vista dels equips de la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC) que hi han participat. Aquest capítol es pot llegir més com un tríptic informatiu d'aquests projectes, però és interessant, ja que il·lustra els projectes actuals i en descriu l'aspecte tecnològic d'una manera divulgativa i planera.

L'últim capítol culmina amb la presentació de Ferran Cruixent, que narra com va protagonitzar al Sónar de 2019 una de les primeres obres de la història de la música inspirada en intel·ligència artificial (IA), amb l'ajuda del Mare-Nostrum 4, després d'haver-li introduït més d'una hora de música simfònica per a aquest projecte. Cruixent sent que la IA continua sense ser intel·ligent, ja que s'adapta a tu i replica el que fas, però alhora ens ajuda a somiar. No és potser això el que uneix les matemàtiques, l'enginyeria, l'arquitectura i la música? Que ens desperten la creativitat i ens ajuden a somiar.

Àlex Barceló

Descàrrega gratuïta a: <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/417074>

SIMONA LEVI (2024). *Digitalització democràtica: Sobirania digital per a les persones*. Barcelona: Raig Verd. 240 p. ISBN 978-84-10487-99-4.



L'origen d'aquest llibre és un encàrrec del Parlament Europeu a un equip dirigit per Simona Levi, fundadora de la plataforma d'activisme digital Xnet. L'objectiu de l'encàrrec fou elaborar una proposta per a una digitalització sobirana i democràtica d'Europa. El llibre es basa principalment en l'informe resultat de l'encàrrec, que es va presentar el desembre del 2021.

El llibre aporta i justifica definicions originals de *digitalització democràtica* i *sobirania*. La digitalització democràtica es defineix com una transició digital basada en els drets

humans fonamentals i la cooperació, des del disseny i per defecte. La digitalització sobirana es defineix com aquella en la qual cada persona o entitat pot controlar l'ús i destinació dels continguts creats, així com les dades generades.

Per a contribuir a una digitalització democràtica i sobirana a escala europea, el llibre proposa tres accions/prototips. La primera pren com a punt de partida l'experiència en el Pla de digitalització democràtica de l'educació dissenyat per Xnet el 2019 i implementat en diverses escoles de la ciutat de Barcelona. Es tractaria de crear un entorn obert que integri programari de serveis essencials lliure que ja existeix (com ara Nextcloud, Moodle, BigBlueButton, WordPress o Etherpad) i que mostri una visió unificada als usuaris.

La segona acció/prototip se centra en la comunicació interpersonal i proposa que s'estableixi un consorci europeu intranacional per a generar un programari públic de correu electrònic, d'igual a igual, que sigui descentralitzat i sobirà per a cada persona i interoperable amb els serveis ja en ús.

La darrera acció/prototip està centrada en els navegadors i proposa que la Unió Europea contribueixi a mantenir la viabilitat econòmica de Firefox o la d'altres navegadors de codi lliure centrats en els drets fonamentals.

La implementació efectiva a escala europea d'accions com les esmentades en el llibre requereix la voluntat decidida de dur-les a terme per part de totes les administracions afectades. Alhora, el llibre constata que cal reformar, en el grau que sigui necessari, els processos administratius de contractació pública de serveis digitals per tal que també hi puguin contribuir de manera efectiva empreses petites i mitjanes.

En definitiva, es tracta d'un llibre que fa una proposta precisa, ben argumentada, radical, factible i desitjable per a tots els que volen una digitalització democràtica i sobirana a escala europea.

Se'n pot llegir un fragment a: https://www.raigverdeditorial.cat/wp-content/uploads/2024/07/Fragment-text_Digitalitzaci%C3%B3-Democr%C3%A0tica.pdf

Web del llibre: <https://www.raigverdeditorial.cat/catalogue/digitalitzacio-democratica-sobirania-digital-per-a-les-persones/>

Antoni Olivé

MARC BOADA FERRER, IN MEMORIAM

La mort prematura i sobtada de l'egarenc Marc Boada Ferrer (1963-2024) ens va agafar per sorpresa el passat juliol de 2024. Els mitjans de comunicació (o la mateixa Viquipèdia) van dir llavors que Marc Boada havia estat divulgador científic. Potser perquè en aquest sector va ser pioner al nostre país i va aconseguir guanyar-se la vida treballant incansablement en la difusió científica, cosa que no és gens fàcil. Per això aviat se li van preparar diversos homenatges i el van nomenar membre honorífic de l'Associació Catalana de Comunicació Científica. Però és del tot impossible limitar-se a assignar una única etiqueta a una personalitat polièdrica com la de Marc Boada, també tot un referent en la construcció d'artefactes i en el treball amb materials diversos per al professorat de tecnologia, com va fer palès en les diverses ocasions que va col·laborar amb la nostra Societat Catalana de Tecnologia.

L'any 1999 vaig saber de Marc Boada Ferrer, i de la seva construcció artesana de telescopis i pèndols, per un company, el geòleg Isaac Camps Gamundi. Va ser arran d'un treball de recerca de batxillerat que tutoritzava, en el qual l'estudiant volia mesurar la gravetat de la Terra amb diferents mètodes, entre els quals un pèndol gravimètric. L'Isaac va ser molt clar: «Un pèndol? Has de parlar amb en Marc!».

Així ho vaig fer. De fet, atès que en aquella època (potser mai) en Marc no era gaire amic del correu electrònic, primer vaig conèixer Moira Costa Calsamiglia, la seva parella, la seva sòcia, mare del seu fill Arnau, còmplice indispensable del que va ser Pèndulum, l'empresa de museografia que van fundar i amb la qual van crear multitud d'elements disseminats arreu, especialment a Cosmocaixa Barcelona.

En un món en què la superficialitat, la tirania de les revistes indexades, *titolitis* i la compartimentació del coneixement són els genets de l'apocalipsi dels mals de l'acadèmia, en Marc era una ànima lliure que representà tot el contrari. Naturalista, humanista, artista, docent, científic i tecnòleg autodidacte, era un corcò de treball promogut per una curiositat incansable. Era conscient de les seves excentricitats, del seu col·leccionisme atípic, contagiós per l'entusiasme amb què te l'explicava, com allò d'escorcollar i remenar nous a la botiga per trobar-ne espècimens rars



FOTOGRAFIA: Marc Boada Ferrer.

FONT: Viquipèdia. CC BY Moira Costa (https://ca.wikipedia.org/wiki/Fitxer:Marc_Boada_Ferrer.jpg).

amb més de dues valves, un TOC que continuo tenint, cal confessar.

Però, sens dubte, en Marc va ser un gran tecnòleg materialista. En Marc va situar els materials al centre de la seva producció artística i museística, de les seves accions divulgatives i presentacions públiques. Va comprendre ràpidament la necessitat d'afegir la dimensió material al clàssic debat diàdic forma-funció en la creació d'objectes, i així ho vam discutir i fer, en els primers llibres de tecnologia de secundària que vam escriure i publicar a l'editorial Castellnou. No us perdeu la clau dicotòmica d'identificació de materials que hi ha allà, perduda al final d'un tema, crec recordar al llibre de segon d'ESO.

Marc. Va ser un plaer comissariar i presentar a l'Escola d'Art i Disseny de Terrassa la teva primera exposició artística, bé, de fet, d'art, ciència i tecnologia; compartir aquella llista (ridícul, quan vaig veure el teu!) de proveïdors de materials per a dissenyadors i artistes, que subministràvem als nostres estudiants de dis-

seny; al·lucinar amb el teu descobriment del fòssil de dinosaure *Koutalisaurus kohlerorum* i amb totes aquelles joies que extreies dels minerals i les creacions amb meteorits; gaudir passejant pel Jardí de les Percepcions de Vallparadís de Terrassa; aprendre, i aprofitar-me molt com a docent, dels teus articles de taller a les revistes *Mètode* i *Investigación y Ciencia*, entre d'altres, i de la passió didàctica dels teus llibres de divulgació, de les teves conferències, de les presentacions al *QuèQuiCom*; admirar abstret l'escultura Catacaos, interactuar amb la rebel·lió de les formes i amb la resta de somnis que eres capaç de materialitzar, com allò

de congelar-se amb el bloc de gel de Cosmocaixa o de crear un fractal després de trepitjar un pedal, i tantes, i tantes coses encisadores!

Que la terra et sigui lleu, estimat Marc. Gràcies per tot.

Antoni Hernández-Fernández
Societat Catalana de Tecnologia
i Societat Catalana de Llengua i Literatura,
Institut d'Estudis Catalans
Terrassa, 9 de setembre de 2024

IDENTIFICAR I CLASSIFICAR MATERIALS

Marc Boada Ferrer*

Resum: En aquest article es reproduïxen íntegrament els materials de la secció «Traça i Enginy», dedicada a la identificació i la classificació de materials, del llibre de la matèria de tecnologia de segon d'ESO, editat i publicat per Castellnou Edicions el 2007. En concret, es recull una clau dicotòmica per a la identificació pràctica general de materials diversos, un element excepcional i únic. És un exemple de la capacitat d'observació, síntesi, experimentació i didàctica de Marc Boada Ferrer, fruit de la seva experiència i, sobretot, de la curiositat pels materials i la natura, un dels eixos del seu recorregut vital, intel·lectual i professional.

Paraules clau: Traça i Enginy, identificació de materials, clau dicotòmica, didàctica de la tecnologia, Marc Boada Ferrer, materials i tecnologia, ensenyament secundari.

IDENTIFYING AND CLASSIFYING MATERIALS

Abstract: This article reproduces in full the content of the "Ingenuity and Skill" section (on identification and classification of materials) of the compulsory secondary education second-year technology textbook edited and published by Castellnou Edicions in 2007. Specifically, it includes a dichotomous key for the general practical identification of various materials, which is both exceptional and unique. It exemplifies the observation, synthesis, experimentation, and didactic abilities of Marc Boada Ferrer, stemming from his experience with and, above all, his curiosity about materials and nature, one of the central themes of his intellectual and professional endeavours.

Keywords: ingenuity and skill, identification of materials, dichotomous key, technology didactics, Marc Boada Ferrer, materials and technology, secondary education.

Abans de començar

Totes les coses estan constituïdes per algun material. A Occident n'utilitzem més d'un milió, de formes i composicions molt diferents. Des de ben petit divideixes intuïtivament els materials en cinc grans grups: metalls, pedres, fibres i teixits, plàstics i fustes. En un segon nivell pots aprendre, per exemple, que si un objecte metàl·lic pesa molt, pot ser de plom; si és lleuger, pot ser d'alumini, de llauna...

En aquesta activitat intentarem fer una aproximació més concreta i n'identificarem alguns de menys coneguts, com els plàstics i les fibres. L'objectiu és classificar uns objectes segons el material de què estan fets. Tingues en compte que la diversitat de mate-

rials és tan gran que alguns no els podràs determinar amb precisió.

Materials

- 1 caixa transportable
- 10 o 20 bossetes de plàstic d'uns 100 × 150 mm, amb tanca hermètica i bandes blanques per escriure-hi
- 1 imant
- 1 espelma, encenedor o llumins
- 250 ml d'acetona

Eines

- 1 lupa
- 1 full de paper de vidre de gra 60 o 100
- 1 retolador permanent
- 1 parell de guants de làtex
- 1 martell petit
- ulleres de protecció

* Aquest material didàctic va ser escrit per Marc Boada Ferrer, revisat per la resta de coautors i editat per Isaac Camps Gamundi. Es publica amb permís de l'editorial Castellnou (Tekman) com a homenatge a títol pòstum. El resum ha estat escrit per Antoni Hernández-Fernández, coautor del llibre original. Referència: M. BOADA; J. GONZÁLEZ; F. ROIG; A. HERNÁNDEZ-FERNÁNDEZ (2007). *Tecnologies 2 ESO*, Barcelona, Castellnou, p. 54-59.

Procés de recollecció i identificació

— Comença per estudiar les taules adjuntes per familiaritzar-te amb els principals mètodes de classificació (figures 1, 2, 3, 4 i 5).

— Fes una recerca sistemàtica de material. Busca mostres petites, preferiblement trencades i sense ús. Fixa't, sobretot, en les peces que trobis interessants per algun motiu que et cridi l'atenció.

— Procura tocar ben poc les mostres per tal de no oxidar-les o engreixar-les, ja que això provoca una patina o n'altera la superfície.

— Col·loca cada mostra en una bossa i anota la data, el lloc i, si escau, algun comentari com «pertanyent a un electrodomèstic abandonat», etc. Si a primer cop d'ull saps amb certesa de quin material es tracta, anota-ho.

— Elimina les restes d'òxid, pintura o vernís amb paper de vidre. Els teixits els has de desfilir lleugerament per determinar-ne la naturalesa de les fibres.

— Avaluu els aspectes següents:

- Color i transparència.
- Lluïssor: brilla com un metall?
- Té estructura homogènia o en capes?
- Calidesa: percep l'objecte fred o calent?
- Té patina, òxid o perd la lluitat al tacte?
- És lleuger o dens?
- Es doblega fàcilment o és rígid?
- Quin comportament té davant la flama: olor, residu, facilitat de fusió...?

— És tenaç? Resisteix els impactes?

— L'afecta el camp magnètic d'un imant?

— Anota cadascuna d'aquestes observacions, i identifica la mostra mitjançant els esquemes de les figures 1, 2, 3, 4 o 5.

Observacions i millores

— Fes les proves a la flama en un lloc ventilat i mai no ensumis directament el fum que es produeix; impulsa'l a distància amb la mà cap al nas.

— Utilitza ulleres de protecció en les proves de resistència a l'impacte (amb un petit martell). Es poden projectar partícules i la mostra es pot destruir.

— Si utilitzes productes químics, et faran falta guants, bona ventilació i ulleres de protecció.

— Treballa sempre sota la supervisió d'un adult.

Qüestions

1. Quines creus que són les característiques més rellevants a l'hora d'utilitzar i classificar un material?
2. Afegiries algun altre material a la llista? Per què?
3. Confecciona una llista de materials habituals en el desenvolupament tecnològic de cadascuna d'aquestes etapes: prehistòria, època clàssica, Renaixement, Revolució Industrial i actualitat.

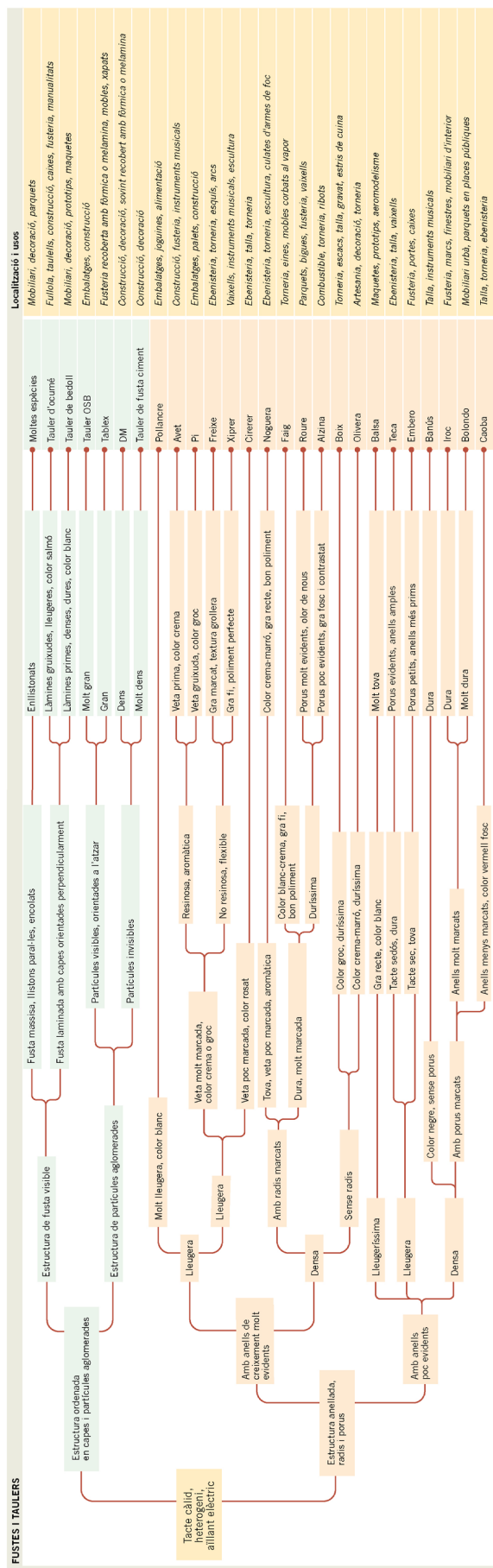


FIGURA 1. Clau dicotòmica d'identificació de fustes i taulers.
FONT: Boada, González, Roig i Hernández-Fernández (2007).

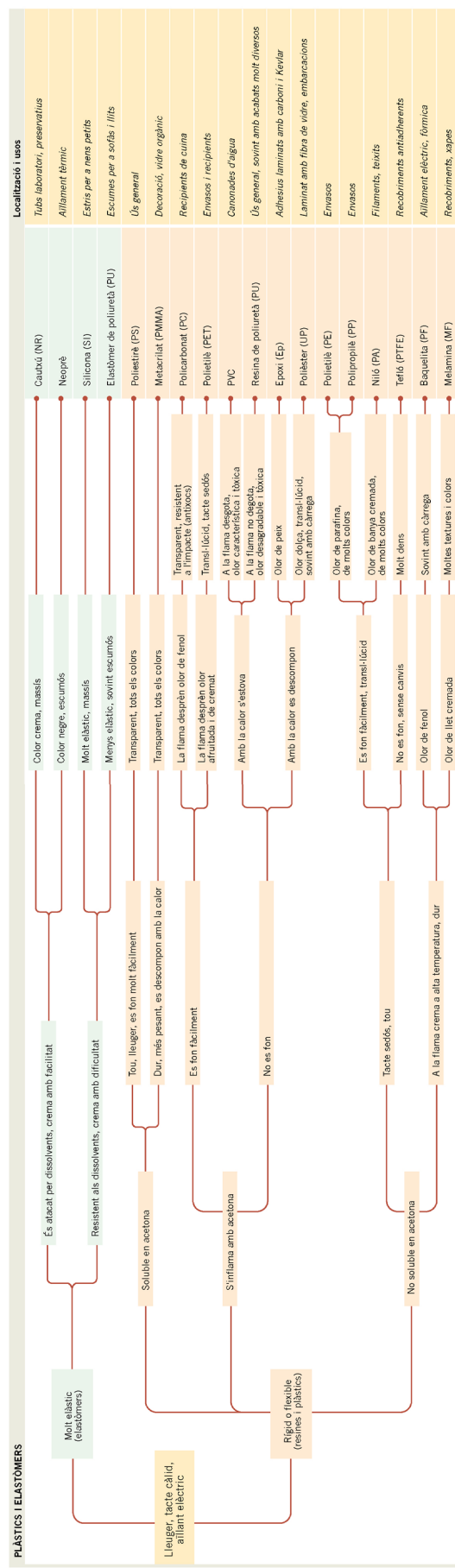


FIGURA 2. Clau dicotòmica d'identificació de plàstics i elastòmers.
FONT: Boada, González, Roig i Hernández-Fernández (2007).

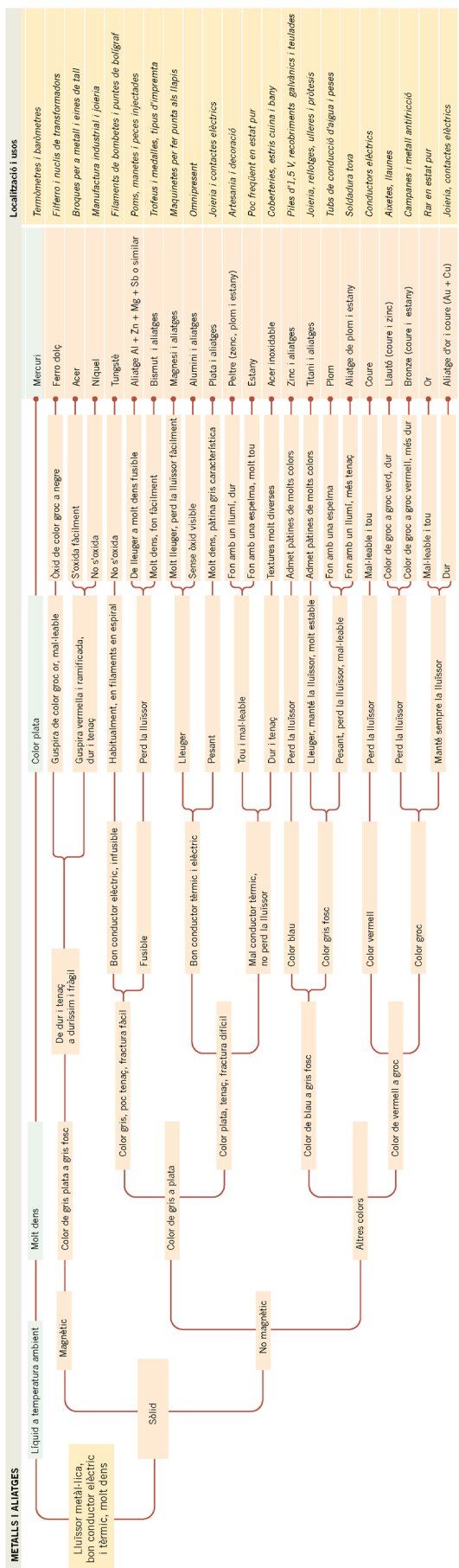


FIGURA 3. Clau dicotòmica d'identificació de metalls i aliatsges.
FONT: Boada, González, Roig i Hernández-Fernández (2007).

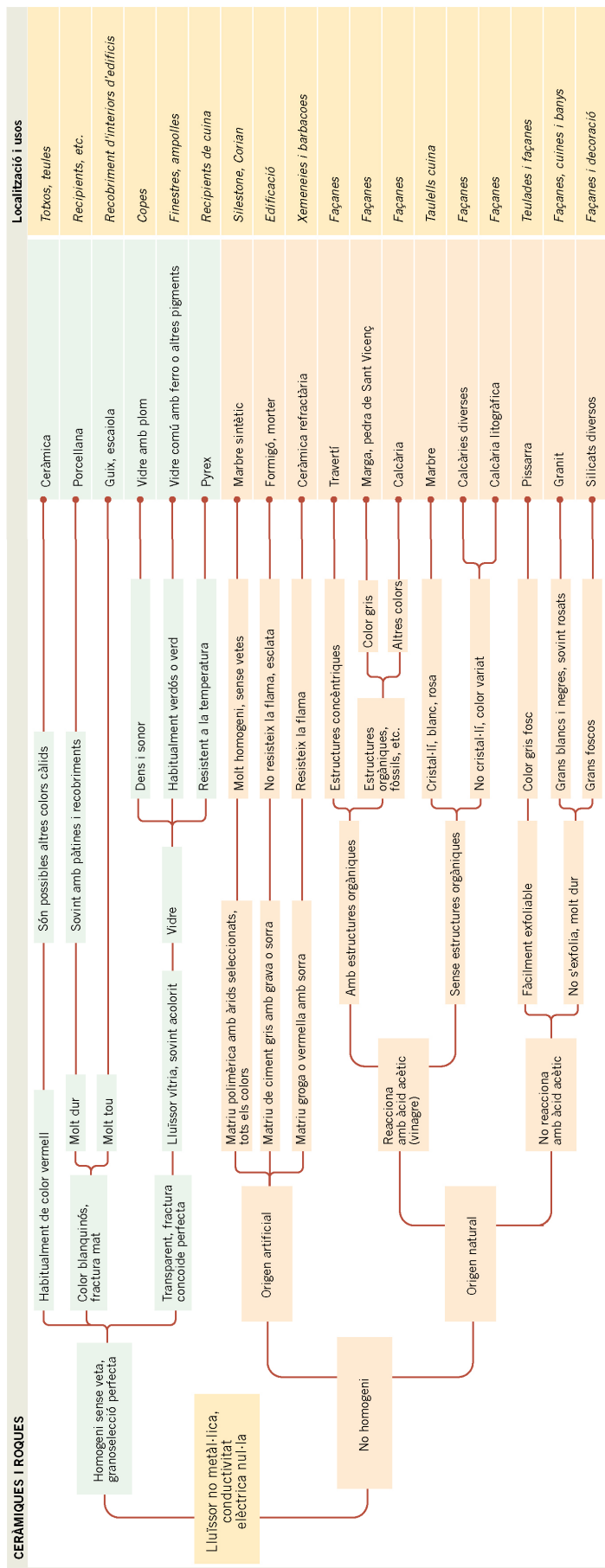


FIGURA 4. Clau dicotòmica d'identificació de ceràmiques i roques.
FONT: Boada, González, Roig i Hernández-Fernández (2007).

TEIXITS I CORDES		Localització i usos				
Crema amb un llumí	Forma una boleta dura (sintètic)	Quan crema fa olor dolça i intensa	Sovint barrejat amb fibres naturals	Polièster (UP)	Roba de vestir, cordes	
		Quan crema fa olor de banya cremada, penetrant	Sovint molt brillant, elàstic	Niò (PA)	Roba de vestir, fils i cordes	
	Tacte suau, fibres primes	Quan crema fa olor de pell cremat	Mat, fibres gruixudes	Llana	Roba de vestir	
			Brillant, fibres primes	Seda	Roba de vestir	
		Quan crema fa olor de paper cremat	Resisteix quan es mulla	Flexible, tacte suau Menys flexible, tacte menys suau	Coló	Roba de vestir, cordes
			No crema fa olor		Lli	Roba de vestir
	No forma boleta o és poc sòlida (natural)	Quan crema fa olor a fusta cremada	Color groc, fibres grolleres i llargues	Atzavara, sisal o pita	Teixits, cordes i cordills	
			Color marró	Jute	Sacs, arpillera i soles d'espardenya	
	No crema amb un llumí	Tacte groller, sovint en forma de cordill o corda	Quan crema fa olor desagradable	Fibres molt curtes i grolleres	Espart	Cordes, cabassos, catifes i estopa
				Color marró, fibres primes i flexibles, olor característica	Cànem	Cordes, espardenyes i sacs
Color groc, infusible, es carbonitza		Molt difícil de tallar amb tisores, quan crema fa olor penetrant	Kevlar, aramida	Cascos i armilla antibalses, cordes, guants de seguretat		
Color negre, infusible		Conductor elèctric	Fibra de carboni	Laminats amb esina, components d'automòbils		
Color blanc o groc, fusible		Forma una perla al foc, no fa olor	Fibra de vidre (llana de mineral)	Laminat amb polièster, aïllament tèrmic		
Color gris, infusible		Fibres grolleres	Amiant (llana de roca)	En desús, aïllament per a alta temperatura		

FIGURA 5. Clau dicotòmica d'identificació de teixits i cordes.
 FONT: Boada, González, Roig i Hernández-Fernández (2007).

Referències

BOADA, M.; GONZÁLEZ, J.; ROIG, F.; HERNÁNDEZ-FERNÁNDEZ, A. (2007). *Tecnologies 2 ESO*. Barcelona: Castellnou.

PUBLICACIONS

Redacció

Diccionaris terminològics publicats pel TERMCAT. Novetats 2024

Resum de les novetats principals anunciades pel TERMCAT durant el 2024 respecte dels seus diccionaris terminològics en l'àmbit de la tecnologia:

25 gener 2024

Actualització dels jocs que permeten descobrir la terminologia dels videojocs

<https://www.termcat.cat/ca/actualitat/noticies/actualitzem-els-jocs-que-et-permetran-descobrir-la-terminologia-dels-videojocs>

20 març 2024

Infografia amb termes de mobilitat sostenible

<https://www.termcat.cat/ca/recursos/productes-multimedia/mobilitat-sostenible-vehicles-ferroviaris-i-vehicles-transport-cable>

29 maig 2024

Les Directrius per a l'accessibilitat del contingut web (WCAG) 2.2, en català

<https://www.w3.org/Translations/WCAG22-ca/>

30 setembre 2024

Infografia amb termes relacionats amb el pòdcast

<https://www.termcat.cat/ca/recursos/productes-multimedia/termes-del-podcast>

Normes de publicació

1. Objectius i característiques de la revista

La REVISTA DE TECNOLOGIA és una revista de la Societat Catalana de Tecnologia de l'Institut d'Estudis Catalans. Aquesta revista, adreçada al col·lectiu de tècnics i estudiants de grau i de màster, publica articles de recerca i de divulgació sobre tecnologia i altres ciències frontereres. També inclou seccions i apartats sobre història, docència, documentació, actualitat, Internet i altres temàtiques.

2. Enviament i acceptació d'originals

Els originals s'han d'ajustar a aquestes normes de publicació i s'han d'enviar per correu electrònic a l'adreça: *revista.sct@correu.iec.cat*.

La REVISTA DE TECNOLOGIA accepta la presentació de treballs originals en català que s'adiguin amb la línia editorial de la revista.

Els treballs poden ser articles de recerca o de divulgació originals o de revisió d'articles publicats anteriorment en altres mitjans, comunicacions breus, notes, ressenyes sobre publicacions i webs, etcètera. Atès que els lectors de la revista poden ser tècnics de qualsevol especialitat, es demana als autors que procurin que els seus articles puguin ser compresos per un públic tan ampli com sigui possible.

Els autors dels articles han de donar fe que el treball no ha estat presentat ni publicat en cap altra revista o que, en tot cas, n'és una revisió. Els treballs rebuts que estiguin en procés d'aprovació per una altra revista quedaran invalidats. De manera excepcional, el Consell Editorial pot proposar i admetre, per la seva rellevància, la traducció d'un article difós en una altra publicació.

Els treballs seran revisats per dos experts (*peer review*) i poden ser acceptats, acceptats prèvia modificació o refusats. En el cas que s'accepti el treball però amb modificacions, els autors hauran d'atendre aquests canvis i retornar els treballs degudament modificats.

3. Característiques formals dels treballs

Els treballs han de tenir les característiques formals següents:

- Han d'estar escrits en català.
- Poden ser articles breus (entre 700 i 1.000 paraules) o articles extensos (entre 1.500 i 5.000 paraules).
- El cos general del text ha de ser de 12 punts (del tipus de lletra Times New Roman o Arial).
- L'interlineat ha de ser d'1,5 punts.

- Les pàgines han d'anar numerades correlativament.
- Els textos han d'estar escrits amb el processador de textos Microsoft Word o un altre processador compatible.
- S'ha d'enviar el text en suport electrònic.
- S'ha d'enviar una sola carpeta per article, que ha de contenir el text amb les imatges incloses on corresponguin i també les mateixes imatges en arxius a banda del text.

En els treballs només es poden utilitzar les unitats del sistema internacional (SI).

Els treballs han de tenir els continguts següents:

- Títol de l'article en català i en anglès. No s'han d'utilitzar abreviacions en el títol.

— Nom i cognoms de l'autor, lloc d'adscripció (per exemple, departament i universitat), ciutat i país, i adreça de correspondència. En el cas que hi hagi més d'un autor, caldrà marcar l'autor de correspondència amb un asterisc.

— Resum en català i en anglès (*abstract*) entre 100 i 150 paraules cadascun i entre 3 i 6 paraules clau en català i en anglès (*keywords*).

— L'estructura del treball, en el cas dels articles de recerca, s'hauria d'ajustar, en la mesura del possible, als apartats següents: introducció, resultats i discussió, conclusions, agraïments, bibliografia i notes.

a) *Introducció*: ha d'incloure els fonaments i el propòsit de l'estudi i ha d'utilitzar les citacions bibliogràfiques estrictament necessàries.

b) *Resultats i discussió*: s'han d'exposar les opinions sobre el tema, s'han de descriure els resultats més rellevants i s'han de comparar amb els de treballs anteriors sobre el mateix tema.

c) *Conclusions*: s'han de resumir els resultats obtinguts i també s'han de donar idees o perspectives de futur.

d) *Agraïments*: s'ha d'agrair la col·laboració de les persones que hagin fet contribucions substancials en l'estudi i també s'ha d'especificar la font de finançament de la recerca.

e) *Bibliografia*: ha d'aparèixer al final del treball ordenada alfabèticament segons el cognom dels autors.

• Articles de revista

CASADO, M. P. (2011). «ATLAS: una eina per descobrir la física fonamental de l'Univers mitjançant el gran col·lisionador d'hadrons (LHC)». *Revista de Tecnologia* [en línia], núm. 4, p. 4-11. <<https://revistes.iec.cat/index.php/RTEC>> [Consulta: 15 octubre 2020].

HABERMAN, B.; YEHEZKEL, C.; SALZER, H. (2009). «Making the computing professional domain more attractive: An outreach program for prospective students». *In-*

ternational Journal of Engineering Education, núm. 25 (3), p. 534-546.

- **Llibres o monografies**

CASTELLS, M. (2000). *La era de la informació*. Vol. 1: *La societat red*. 2a ed. Madrid: Alianza.

STONE, W.; JUBERTS, M.; DAGALAKIS, N.; STONE, J.; GORMAN, J. (2004). *Performance analysis of next generation LADAR for manufacturing, construction and mobility* [en línia]. National Institute of Standards and Technology. Building and Fire Research Laboratory. <http://www.stoneaerospace.com/about-us/NISTIR_7117_Final_Complete2.pdf> [Consulta: 8 agost 2020].

- **Capítols de llibres o monografies**

AREA, M. (2009). «Las tecnologías de la información y comunicación en la educación. De la enseñanza asistida por ordenador al *e-learning*». A: *Manual electrónico: Introducción a la tecnología educativa* [en línia]. Santa Cruz de Tenerife: Universidad de La Laguna. <<https://campusvirtual.ull.es/ocw/file.php/4/ebookte.pdf>> [Consulta: 6 abril 2020].

KOLLOCK, P. (2003). «Regalos y bienes públicos en el ciberespacio». A: SMITH, M. A.; KOLLOCK, P. (ed.). *Comunidades en el ciberespacio*. Barcelona: UOC, p. 259-282.

f) *Notes*: s'han d'introduir com a notes a peu de pàgina i han de seguir una numeració contínua al llarg de tot l'article. El cos de la lletra ha de ser de 10 punts.

4. Característiques formals dels gràfics i les taules

Els gràfics i les taules que es fan servir en els treballs han de tenir les característiques següents:

- Han d'estar en format obert, que es puguin manipular (no en format d'imatge); per exemple, un full de càlcul si s'han fet amb aquesta eina.
- Els gràfics han de tenir un peu que n'identifiqui el contingut i també la font d'on s'ha extret la informació. Dins del text caldria remetre al gràfic corresponent. Han d'anar numerats correlativament d'acord amb l'ordre en què apareixen en el text.
- Els gràfics s'han de lliurar en arxius a banda del text, però també han d'estar inclosos en el text, al lloc on han d'aparèixer dins de l'article.
- Les taules han de tenir un títol, situat en la part superior, que n'ha d'explicar en detall el contingut i també la font d'on s'ha extret la informació. Dins del text caldria remetre a la taula corresponent. Han d'anar numerades correlativament d'acord amb l'ordre en què apareixen en el text.
- Si les taules han estat elaborades fora del document, s'han de lliurar en arxius a banda del text, però tam-

bé han d'estar incloses en el text, al lloc on han d'aparèixer dins de l'article. Si les taules s'han fet directament en el document, no cal lliurar-les a banda.

— Es recomana posar com a màxim 10 imatges (entre taules i gràfics) per article.

5. Característiques formals de les imatges

Les imatges (fotografies, il·lustracions, etcètera) que es fan servir en els treballs han de tenir les característiques següents:

- Han d'estar en format JPG.
- S'han de lliurar en arxius a banda del text, però també han d'estar incloses en el text, al lloc on han d'aparèixer dins de l'article.
- Han de tenir un peu que identifiqui el contingut de cada imatge i també la font d'on s'ha extret la informació.
- Han d'anar numerades correlativament d'acord amb l'ordre en què apareixen en el text.
- Les fotografies han de tenir una qualitat mínima de 300 ppp.

6. Drets d'autor i responsabilitats

La propietat intel·lectual dels articles és dels respectius autors.

Els autors, en el moment de lliurar els articles a la *REVISTA DE TECNOLOGIA* per a sol·licitar-ne la publicació, accepten els termes següents:

- Els autors cedeixen a la Societat Catalana de Tecnologia (filial de l'Institut d'Estudis Catalans) els drets de reproducció, comunicació pública (incloent-hi la comunicació a través de les xarxes socials) i distribució dels articles presentats per a ser publicats a la *REVISTA DE TECNOLOGIA*, en qualsevol forma i suport, i per qualsevol mitjà, incloses les plataformes digitals. El Comitè Editorial es reserva els drets d'acceptar o de refusar els treballs presentats i, igualment, es reserva el dret de fer qualsevol modificació editorial que consideri convenient. De ser acceptada pels autors, aquests hauran de lliurar l'article amb els canvis suggerits.
- Els autors responen davant la Societat Catalana de Tecnologia de l'autoria i l'originalitat dels articles presentats. És a dir, els autors garanteixen que els articles lliurats no contenen fragments d'obres d'altres autors, ni fragments de treballs propis publicats anteriorment; que el contingut dels articles és inèdit, i que no s'infringeixen els drets d'autor de tercers. Els autors accepten aquesta responsabilitat i s'obliguen a deixar indemne la Societat Catalana de Tecnologia de qualsevol dany i perjudici originats per l'incompliment de la seva obligació. Així mateix, han de deixar constància en els articles que enviïn a la revista de les responsabilitats derivades del contingut dels articles.
- És responsabilitat dels autors obtenir els permisos per a la reproducció sense restriccions de tot el material

gràfic inclòs en els articles, així com garantir que les imatges i els vídeos, etc., han estat realitzats amb el consentiment de les persones que hi apareixen, i que el material que pertany a tercers està clarament identificat i reconegut dins del text. Així mateix, els autors han d'entregar els consentiments i les autoritzacions corresponents a la Societat Catalana de Tecnologia en lliurar els articles.

— La Societat Catalana de Tecnologia està exempta de tota responsabilitat derivada de l'eventual vulneració de drets de propietat intel·lectual per part dels autors. En tot cas, es compromet a publicar les correccions, els aclariments, les retraccions i les disculpes si escau.

— Els continguts publicats a la revista estan subjectes (llevat que s'indiqui el contrari en el text o en el material gràfic) a una llicència Reconeixement - No comercial - Sense obres derivades 3.0 Espanya (by-nc-nd) de *Creative Commons*, el text complet de la qual es pot consultar a <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/es/deed.ca>. Així, doncs, s'autoritza el públic en general a reproduir, distribuir i comunicar l'obra sempre que se'n reconegui l'autoria i l'entitat que la publica i no se'n faci un ús comercial ni cap obra derivada.

— La revista no es fa responsable de les idees i opinions exposades pels autors dels articles publicats.

7. Protecció de dades personals

L'Institut d'Estudis Catalans (IEC) compleix el que estableix el Reglament general de protecció de dades de la Unió Europea (Reglament 2016/679, del 27 d'abril de 2016). De conformitat amb aquesta norma, s'informa que, amb l'acceptació de les normes de publicació, els autors autoritzen que les seves dades personals (nom i cognoms, dades de contacte i dades de filiació) puguin ser publicades en el corresponent volum de la REVISTA DE TECNOLOGIA.

Aquestes dades seran incorporades a un tractament que és responsabilitat de l'IEC amb la finalitat de gestionar aquesta publicació. Únicament s'utilitzaran les dades dels autors per a gestionar la publicació de la revista i no seran cedides a tercers, ni es produiran transferències a tercers països o organitzacions internacionals. Un cop publicada la revista, aquestes dades es conservaran com a part del registre històric d'autors. Els autors poden exercir els drets d'accés, rectificació, supressió, oposició, limitació en el tractament i portabilitat, adreçant-se per escrit a l'Institut d'Estudis Catalans (carrer del Carme, 47, 08001 Barcelona), o bé enviant un correu electrònic a l'adreça dades.personals@iec.cat, en què s'especifiqui de quina publicació es tracta.

Coneixes la Societat Catalana de Tecnologia?

Som la filial de l'Institut d'Estudis Catalans més avantguardista i agrupem perfils diversos que abracen tot l'espectre de les tecnologies, noves i de sempre, que es desenvolupen a Catalunya, per donar el millor servei i resposta a la nostra societat. Si t'agrada la tecnologia, en qualsevol de les seves vessants, t'hi esperem!

Pots associar-te emplenant aquest formulari: <https://sct.iec.cat/feu-vos-en-socisocia/>

«El futur serà tecnològic o no serà»

(Núria Salán, presidenta de la Societat Catalana de Tecnologia)

