

Revista de

primor semestre 2014 número 3

TECNOLOGIA



Coberta: Descripció geomètrica del conjunt de columnes de la primera nau lateral del temple de la Sagrada Família segons el projecte d'Antoni Gaudí. Dibuixat per Marie Couteaux i Àlex Vila, arquitectes de l'oficina tècnica del temple de la Sagrada Família.

EDITORIAL

En aquesta primera edició s'aborden temes ben diversos, d'acord amb l'esperit de la revista i que corresponen en la seva major part a conferències realitzades darrerament a la SCT.

La tecnologia és considerada en l'entorn social, tant històric com actual, i en el context de la ciència i de la ficció. En el primer article es reflexiona sobre aquest tema, amb el títol de «Tecnologia i ficció», i s'hi analitza com veu la societat la tecnologia i el perquè.

En l'any Gaudí, la SCT va voler també retre homenatge a aquest gran arquitecte català, analitzant-ne l'obra en un treball que enllaça l'art amb la tecnologia emprada. El treball que es presenta recull la trajectòria professional de Gaudí, repassa la tecnologia, instruments i càlculs utilitzats per a la construcció de les seves grans obres, i també il·lustracions d'algunes parts significatives d'aquestes construccions.

Pel que fa a les telecomunicacions, àmbit que ha produït un gran impacte en la societat en els darrers anys, es fa un repàs contraposant els mites existents i la realitat tecnològica que hi ha al darrere de les xarxes que interconnecten, des de sistemes locals, els ordinadors de tot el món, i que han donat lloc a la societat de la informació i del coneixement.

Entre els temes de medi ambient, un àmbit que preocupa enormement és el clima. Per aquest motiu es presenta un treball que segueix el procés de com, per mitjà de la tecnologia, s'ha anat mesurant certs fenòmens naturals i els possibles procediments per a l'estudi de l'evolució climàtica i la seva possible predicció, sense oblidar, però, les grans limitacions existents per aconseguir-ho.

Pel que fa al món de l'ensenyament i l'educació tecnològica, els treballs presentats consisteixen en reflexions sobre l'educació tecnològica, tant les d'àmbit personal com les sorgides en debats i tallers de treball; plantejaments sobre la didàctica, d'interès per als formadors; i, finalment, es recullen els resultats aconseguits a través de nombroses experiències presentades en una jornada o mercat d'experiències.

L'entrevista d'aquest primer número s'ha fet a Joan Amorós, enginyer industrial que va introduir les noves tècniques de gestió de la producció en una empresa de fabricació d'automòbils, amb una visió molt àmplia del panorama industrial català, que és actualment director executiu de l'Eurocongrés 2000.

En l'apartat d'actualitat, força modest en aquesta primera edició de la revista, es recull l'activitat de la SCT i s'anuncien algunes convocatòries o activitats futures. Es pretén que s'incrementi el nombre d'activitats, esdeveniments o productes en aquest apartat, i altres possibles informacions que arribin a l'editorial a través dels mateixos lectors.

L'equip editorial llança amb gran il·lusió aquesta nova revista, que esperem que tingui una bona acollida entre els professionals de la tecnologia.

Revista de TECNOLOGIA
número 1
primer semestre 2004

Editora
Alicia Casals

Equip editorial
Josep M. Fuertes
Roger Hoyos
Josep Ramon Izquierdo
Estanislau Tomàs
Jeroni Xampeny

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

Primera edició: juliol de 2004
Tiratge: 800 exemplars

Text revisat lingüísticament per
l'Oficina de Correcció i Assessorament
Lingüístics de l'IEC

Compost per Fotocomposició Gama, s. l.
Carrer d'Aristides Maillol, 3, 1r. 08028 Barcelona

Imprès a Limpergraf, SL
Polígon industrial Can Salvatella. Carrer de
Mogoda, 29-31. 08210 Barberà del Vallès

ISSN: 1698-2045
Dipòsit Legal: B. 32481-2004

Són rigorosament prohibides, sense l'autorització escrita dels titulars del *copyright*, la reproducció total o parcial d'aquesta obra per qualsevol procediment i suport, incloent-hi la reprografia i el tractament informàtic, la distribució d'exemplars mitjançant lloguer o préstec comercial, la inclusió total o parcial en bases de dades i la consulta a través de xarxa telemàtica o d'Internet. Les infraccions d'aquests drets estan sotmeses a les sancions establertes per les lleis.

Publicació i distribució

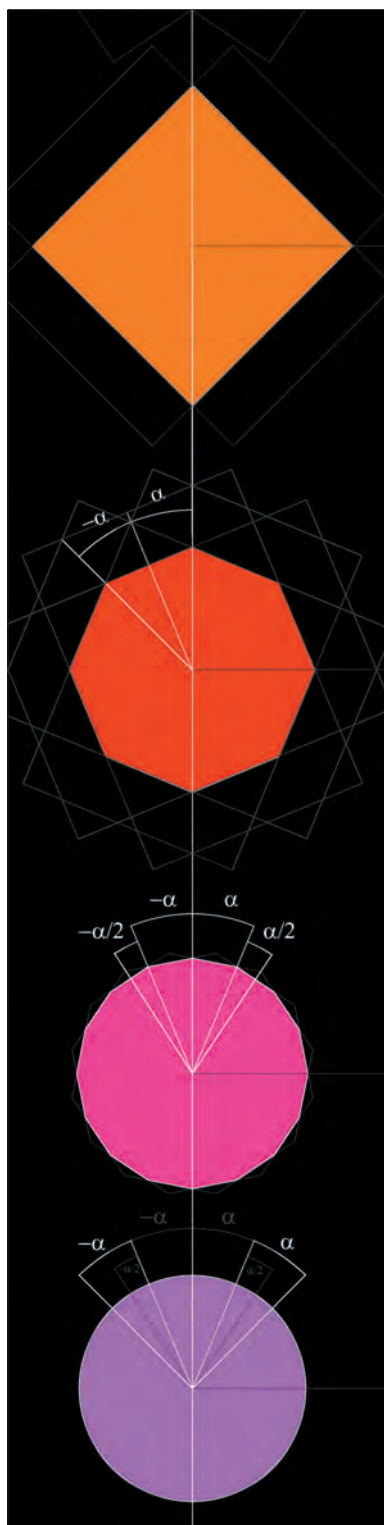
La *Revista de Tecnologia*, que es publica com a mínim un cop a l'any, es distribueix gratuïtament a tots els membres de la Societat Cata-

lana de Tecnologia, filial de l'Institut d'Estudis Catalans, i pot ser adquirida a través de l'Institut ja sigui per unitats o mitjançant subscripció, emplenant el full corresponent. La compra es pot fer directament al servei de Distribució de Publicacions de l'Institut, al carrer del Carme, núm. 47, de Barcelona, per correu electrònic a l'adreça publicacions@iecat.net o per telèfon al número 932 701 636.

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 o PDF a la senyora Teresa Balagué a l'adreça tbalague@iecat.net.

SUMARI



2 Editorial

4 Presentació

5 La Societat Catalana de Tecnologia

La tecnologia avui

6 Tecnologia i ficció

Miquel Barceló

12 La geometria i la mecànica a l'obra de Gaudí

Claudi Alsina, Josep Gómez i Jordi Faulí

28 Mites i realitats en les tendències de les tecnologies de telecomunicacions

Josep M. Selga

40 Canvi climàtic: evolució dels recursos tecnològics aplicats en la seva recerca

Mariano Barriendos

Educació tecnològica

48 L'educació tecnològica

Joan Joseph

52 Plantejaments en la didàctica tècnica de formadors universitaris

Marc Barracó, M. Àngels Adrià, Ricard Torres i Pere Surià i Lladó

58 Organització del Mercat d'Experiències de Tecnologia a l'ensenyament secundari: Mercatec

Jaume Arcos Viñals

63 III Jornada de Tecnologia. Present i futur de l'educació tecnològica

Roger Hoyos

Entrevista a Joan Amorós

65

Josep Amat

Actualitat

67 Conferències i altres activitats organitzades per la SCT

68 Premis

70 Presentació del Congrés

PRESENTACIÓ

La revista de la Societat Catalana de Tecnologia

Aquesta nova revista s'ha plantejat com a mitjà de difusió dels avenços i de l'estat de l'art en els diferents àmbits de la tecnologia, tant en recerca com en desenvolupament i aplicacions. D'altra banda, es pretén abordar la problemàtica existent en l'ensenyament de la tecnologia i recollir propostes innovadores o experiències realitzades en aquest àmbit.

La revista s'organitza bàsicament en dues seccions. La primera, «La tecnologia avui» està orientada a publicar algunes de les conferències realitzades a l'Institut d'Estudis Catalans, organitzades per la SCT. La segona secció, «Educació tecnològica», recull les activitats, reflexions o estudis realitzats a l'entorn de l'ensenyament de la tecnologia, principalment en l'àmbit de l'ensenyament secundari. Atès que el camp de la tecnologia és molt ampli, es pretén que els articles siguin entenedors per a tots els lectors, sigui quin sigui el seu camp d'especialització dins la tecnologia, sense perdre per això el rigor científic que la Societat ha d'oferir.

A més d'aquestes seccions, l'apartat «Actualitat» ofereix informació sobre les activitats realitzades dins l'àmbit de la tecnologia, i en especial les realitzades a la mateixa SCT, així com altra informació que pot ser d'interès per als professionals de la tecnologia, tant en recerca, com en desenvolupament tecnològic o ensenyament. Per aconseguir el màxim ressò del que es fa en tecnologia a Catalunya, aquesta revista incorporarà també informació d'activitats aportades pels propis lectors.

Cada número inclourà també el punt de vista d'un professional del món de la tecnologia, a través d'una entrevista.

Es preveu inicialment l'edició d'un mínim d'un número anual. Aquest primer número es presenta també en format paper, però seguint la tendència actual de publicar electrònicament per poder donar una difusió més àmplia de la revista, i tal com preveu el mateix Institut en el seu programa d'actuacions de futur, en el seu moment podria tenir únicament format electrònic.

LA SOCIETAT CATALANA DE TECNOLOGIA

Estanislau Tomàs

President de la Societat

L'Institut d'Estudis Catalans fou fundat el 18 de juny de 1907 per la Diputació de Barcelona per iniciativa del seu president, Enric Prat de la Riba. Al llarg dels anys, l'Institut anà creant o incorporant les societats filials, que actualment són vint-i-sis i cobreixen pràcticament tots els àmbits del coneixement.

L'any 1932 fou creada, com a filial de l'Institut, la Societat Catalana de Ciències Físiques, Químiques i Matemàtiques, la qual incloïa una secció d'enginyeria. El 1986 l'Institut aprovà la divisió d'aquesta Societat en quatre societats filials i, amb aquesta divisió, la Secció d'Enginyeria es transformà en la nova Societat Catalana de Tecnologia (SCT). Amb el canvi del terme *enginyeria* pel de *tecnologia* es pretenia donar cabuda a totes les branques de les ciències aplicades.

Objectius i activitats de la Societat Catalana de Tecnologia

La Societat considera la tecnologia un factor de cultura i per això la conrea en els seus diversos vessants. Promou la recerca i la divulgació dels avenços tecnològics en general i, en especial, dels que afecten l'àmbit de la societat catalana; també pren en consideració

les repercussions de la tecnologia en altres camps, com poden ésser el medi, l'economia, la societat i l'opinió pública, promou contactes entre tècnics i investigadors de la universitat i de la indústria i col·labora amb els centres de formació.

Per assolir els seus objectius, la Societat Catalana de Tecnologia organitza conferències, cursets, jornades, debats, simposis, etc.; també promou les publicacions de temes tecnològics en llengua catalana i edita la col·lecció «Monografies de Tecnologia», de la qual ha publicat ja cinc volums; a més, la Societat convoca cada any un premi per a treballs d'investigació redactats en català per estudiants universitaris.

Per ampliar l'àmbit de les publicacions, a la Junta Directiva de la Societat li ha semblat adient crear una revista que respongués a les següents activitats de la Societat: d'una banda, deixar memòria de les activitats de la Societat, amb la reproducció de forma completa o resumida de les conferències, taules rodones, etc., que s'hi celebrin; d'altra banda, donar compte de novetats rellevants produïdes en el camp de la tecnologia i informar sobre la celebració de congressos, concursos, concessió de premis, etc.

Esperem que aquesta revista sigui una via per difondre la tecnologia i donar a conèixer les activitats de la Societat. ■

TECNOLOGIA I FICCIÓ

Miquel Barceló

Departament de Llenguatges i Sistemes Informàtics. Universitat Politècnica de Catalunya

Resum

Després d'una breu caracterització de la ciència i la tecnologia i, també, dels seus efectes, es passa a considerar el paper que la ficció especulativa (la ciència-ficció) sembla que ha atorgat a la tecnociència i, sobretot, als efectes tecnològics, i la conseqüència que té en la vida dels humans i el seu possible futur.

Tecnologia: les ciències de l'artificial

El nostre món, fins i tot ara, al començament del tercer mil·lenni, no sembla pas haver superat encara algunes de les idees força de l'antiga Grècia. Encara que diguem que vivim en un món molt materialista, en alguns aspectes l'idealisme més platònic continua dominant els nostres dies.

En un dels diàlegs que Plató fa protagonitzar a Sòcrates, aquest acaba preguntant al seu estranyat i una mica escandalitzat interlocutor si trobaria normal i acceptaria que la seva filla es casés amb un «tècnic». De la lectura en resulta evident que, per Plató, la ciència (la teoria o, millor, l'especulació filosòfica en el seu temps) era quelcom acceptable i digne, mentre que la *tekne* (l'activitat tècnica i artesanal tan imprescindible per a disposar d'olles, cases, carros i espases, per esmentar tan sols alguns exemples evidents) era quelcom completament secundari. Tant, que fins i tot es podia dubtar si els artesans, els artífexs de la *tekne*, podien ser considerats ciutadans...

Tal vegada per aquesta vella i arrelada tradició cultural que ens ve de Grècia, encara al nostre món continuem mantenint la ciència en una mena de pedestal, i menyspreem de vegades la tecnologia, que massa gent acostuma a considerar com una cosa simplement derivada, sense entitat pròpia, pensant que és tan sols ciència aplicada. Un exemple: Albert Einstein és considerat un sant baró, mentre que Julius Robert Oppenheimer no deixa de ser un fill de la seva santa mare. I espero fer-me entendre. El «gran pecat» de Julius Robert Oppenheimer és haver creat la bomba atòmica, encara que tots sabem que aquesta no existiria pas sense l' $E = mc^2$ d'Einstein.

En la visió tradicional de la tecnologia com a ciència

aplicada, la ciència teòrica es considera sempre excelsa, mentre que les mans brutes les tenen sempre els enginyers i tècnics que fan les coses. I si, per casualitat, la tecnologia assoleix quelcom que ens sorprèn i meravel·la, llavors ho atorguem a la ciència.

Un exemple evident d'això darrer és el de la ja famosa ovella Dolly, fruit d'una tècnica de clonatge que, el febrer de 1997, va ser presentada per la premsa com un avenç precisament de la «ciència», quan tots sabem que el coneixement científic teòric subjacent feia ja anys que era conegut. Ans al contrari, Dolly existeix precisament com a resultat d'haver assolit un nou èxit en el camp de la manipulació tecnològica de la bioenginyeria. L'ovella Dolly, el clonatge de mamífers (i el possible clonatge d'humans que se'n deriva), fou realment un resultat que pertany més a la tecnologia que no pas a la ciència teòrica, però la novetat, la sorpresa i les perspectives de futur van fer que s'assignés a la parenta rica, la ciència, i no pas a qui n'era realment responsable: la tecnologia.

Tal vegada una de les millors solucions a les sempre complexes i confuses relacions entre la part teòrica (ciència) i la part pràctica (tecnologia) de la forma moderna del saber, la va donar fa ja uns quants anys el premi Nobel d'economia de l'any 1978, Herbert A. Simon, amb la seva reflexió, que procedeix ja de finals dels anys seixanta, sobre el que molt encertadament va anomenar «les ciències de l'artificial», i que va exposar en un llibre que ja ha vist diverses edicions i ampliacions, la tercera de les quals, i per ara la darrera, de l'any 1996.

Davant les ciències tradicionals que cerquen el coneixement i la comprensió de la natura (o, també, el coneixement de la societat i dels éssers humans, si hi afegim les anomenades *ciències socials*), Simon constata l'existència d'una altra mena de coneixement, per ell del tot comparable en prestigi al de la ciència teòrica. Es tracta, precisament, del coneixement propi de la tecnologia, a la qual anomena «ciències de l'artificial». Aquí considera una nova mena de saber centrat en l'activitat no pas d'estudiar el que hi ha, sinó, i precisament, de dissenyar i crear allò que no existeix naturalment i és fruit de l'artifici i, en definitiva, de la capacitat creadora dels humans.

Amb Simon sorgeix la idea que la tecnologia, «encara que pugui aplicar coneixements científics, no és pas el ma-

teix que simple ciència aplicada». No hi ha pas prioritat d'un cert tipus de coneixement (la ciència) sobre l'altre (la tecnologia), i la història de la humanitat resulta prou clara i convincent en demostrar-nos que la tecnologia no ha estat pas sempre ciència aplicada com, per exemple, ens podria fer creure l'exemple abans esmentat de la bomba atòmica i l' $E = mc^2$.

Hi ha artefactes tecnològics de la més gran importància que van néixer fins i tot abans de la ciència teòrica que n'explica el funcionament. I això passava fa milers d'anys amb la roda (operativa molt abans que fos coneguda la teoria física del fregament que explica el perquè de la seva utilitat) i, també, més recentment, amb la màquina de vapor (operativa fins i tot una cinquantena d'anys abans que es coneguessin els principis bàsics de la ciència termodinàmica que n'expliquen el funcionament).

La realitat de la complexa interacció entre ciència teòrica i tecnologia és una barreja de coneixement científic teòric estimulat per artefactes tecnològics que han assolit l'èxit i que van néixer possiblement per «prova i error» (la roda i la màquina de vapor en són els millors exemples) i, també, la tecnologia que neix de l'aplicació d'idees pròpies de la ciència més teòrica (la bomba atòmica n'és un bon exemple: ningú no en pot fer una per «prova i error»... i, si algú ho ha fet, no ha sobreviscut pas per a explicar-ho...).

Ciència, tecnologia: tecnociència

De fet, tot i que la ciència moderna té menys de quatre segles de vida, *ciència* és un mot prou antic. Però, lògicament, *tecnologia* no ho és pas tant. Sembla que va ser introduït per primera vegada l'any 1820 per un professor de Harvard, Jacob Bigelow. Tal vegada per això, resulta curiós constatar com, en el saber popular actual, continua sovint assignant-se a la «ciència» el que, de fet, són resultats tecnològics.

Tal vegada, junt amb la proposta de Simon sobre les «ciències de l'artificial», caldria també tenir en compte el suggeriment que va fer, sembla que a finals de la dècada dels vuitanta, el filòsof belga Gilbert Hottois, professor de la Universitat Lliure de Brussel·les. Es tracta d'unificar els dos camps, ciència i tecnologia, i parlar només del que molts avui anomenen ja *tecnociència*.

Molt probablement, al començament del segle XXI, es donen encara els dos casos: ciència teòrica nascuda de la reflexió sobre com és possible que funcionin certs artefactes trobats pel vell procediment de «prova i error»; i també es dona, i cada vegada més sovint, el cas contrari: prou vegades la nova tecnologia punta ja no procedeix d'artefactes senzills com la roda o l'arc, sinó de l'aplicació de conceptes complexos i sofisticats de la ciència (com passa amb l'energia nuclear o el microscopi d'efecte túnel, per exemple). De manera paral·lela, pràcticament ja no hi ha ciència bàsica sense recórrer a la utilització d'un complex aparellatge tecnològic (superacceleradors de partícules, telescopis com el Hubble, etc.). Deixar de parlar de ciència i tecnolo-

gia per separat i adoptar el terme que les barreja, *tecnociència*, és una mena de solució salomònica...

El futur que canvia

Tot i preferir el nou terme *tecnociència*, cal tornar a considerar separatament ciència i tecnologia, encara que sigui tan sols una petita estona més.

S'accepta que, seguint Karl Popper, cal caracteritzar una teoria científica precisament per la seva «falsabilitat» i la seva, diguem-ne, «disponible provisionalitat en la certesa»; mentre que, molt més pragmàticament, els desenvolupaments tecnològics es caracteritzen bàsicament per la seva «eficiència».

Abans d'arribar a la síntesi de la tecnociència, sovint utilitzo amb els meus estudiants un esquema molt simple per a fer veure les diferències més immediates entre ciència i tecnologia. Esquemàticament els dic que la ciència canvia la nostra manera de «veure» el món, mentre que la tecnologia canvia més directament la nostra manera de «viure» el món.

Aclarim-ho.

Quan, per exemple, Galileu Galilei va utilitzar el llavors recentment inventat telescopi per a observar el cel, va descobrir, entre d'altres coses, les llunes de Júpiter i els cràters de la Lluna. Això va acabar afavorint l'acceptació final de la visió cosmològica copernicana dels planetes movent-se al voltant del Sol i no, segons volia Ptolemeu, tots els astres girant al voltant d'una Terra centre de l'Univers.

Tot i que aquest descobriment comportà un gran canvi i produí una greu sotragada en la visió que l'ésser humà tenia de la seva posició en l'Univers, la realitat és que la vida quotidiana de la gent no va canviar pas gens per això. De fet, després de Galileu, la gent treballava igual, feia servir les mateixes eines i menjava i dormia igual que abans. La vida de cada dia no en va resultar alterada, tan sols la imatge que l'ésser humà tenia de si mateix i de l'Univers. Un descobriment tan important com aquest, mentre roman restringit a l'àmbit del coneixement científic teòric, afecta la manera com veiem el món, però no pas la manera com el vivim.

No passa així amb la tecnologia. En general, qualsevol nou artefacte que tingui èxit i acceptació social altera d'alguna manera radical la manera com fem les coses. Per exemple, a la nostra societat occidental industrialitzada, l'automòbil i l'avió han canviat en cent anys (o menys) la nostra percepció de les distàncies i la nostra mobilitat real; les telecomunicacions ens permeten saber ara mateix el que passa a l'altra punta del món; la televisió ens porta al moment espectacles i informació a casa nostra; o, més simplement, el microones ens fa possible, si volem, llevar-nos cada dia deu minuts més tard. La tecnologia altera realment la nostra manera de fer les coses de cada dia i la manera com vivim en el món.

El que realment canvia la nostra situació en el món és, precisament, l'aspecte tecnològic de la tecnociència i això ens fa arribar a la sensació creixent que, com ja deia la vella sarsuela, «els temps canvien que és una barbaritat»...

La por del futur

Sigui com sigui, el cert és que, precisament per efecte de la tecnociència, el darrer segle ha vist una acceleració del factor de canvi en la vida social. La sorpresa és que les novetats que la tecnociència fabrica ens vénen ara a l'encontre amb gran rapidesa.

Al començament dels anys setanta va tenir un cert ressò fins i tot popular un llibre que ens advertia sobre «l'arribada prematura del futur». Es tracta d'*El shock del futur*, obra de 1970 del nord-americà Alvin Toffler, qui reflexionava sobre la velocitat de canvi en una cultura com la nostra, dominada pels efectes de la tecnociència i, per tant, sotmesa a la seva excepcional capacitat transformadora.

De fet, Toffler no inventava pas res, tan sols portava al gran públic les idees que sociòlegs com Ogburn ja havien suggerit als anys trenta del segle xx.

La idea bàsica es pot expressar molt sintèticament: fa dos-cents o tres-cents anys, els nostres avantpassats podien tenir la certesa que, en l'adolescència, aprenien a viure en un món que, pràcticament, seria el mateix on viurien tota la vida fins a la seva mort. Hi havia canvi, però aquest era lent. Aquesta és una possibilitat que, per sort o per desgràcia, ja no ens és factible avui. El ritme de canvi s'ha accelerat tant que hem d'aprendre a conviure amb el futur que s'apropa a marxar forçades i amb els canvis que ens aporta.

Sintèticament es pot dir que «ja no morirem pas al mateix món on hem nascut». En la duració d'una vida humana el canvi és ja evident. «Els temps canvien», que ens deia Bob Dylan, tot i que també convé recordar aquí la vella maledicció oriental que condemnava dient: «Tant de bo visquis temps interessants!». I ara, per sort o per desgràcia, vivim ja sempre temps interessants, temps que ens poden portar a situacions diferents d'aquelles per a les quals se'ns va preparar a la nostra adolescència.

I qui ens ensenyarà a viure en aquest món canviant, fruit de la tecnociència accelerada dels nostres dies?

El futur imaginat: la ciència-ficció

Per molts, la ciència-ficció és un univers imaginatiu construït pensant sobretot en els adolescents que tant semblen gaudir-ne. Un discurs expressat, de manera preferent, amb l'ajut dels meravellosos efectes especials que la ficció de Hollywood posa avui a la disposició de creadors tal vegada no gaire exigents amb l'aspecte intel·lectual.

Tot i que aquesta visió parcial pugui tenir prou raons per a existir, no hi ha res més lluny de la veritat. Sense menystenir altres manifestacions, la millor ciència-ficció, sovint l'escripta, és tota una altra cosa. I una cosa prou relacionada amb els esforços de la prospectiva, tot i que amb orientacions i resultats diferents.

La ciència-ficció és avui, passat ja més d'un segle dels intents pioners del francès Jules Verne i, sobretot, del britànic Herbert G. Wells, un gènere narratiu amb tradició que, a més de diversió per a adolescents i gent poc exigent, ha bastit tot un corpus complex d'especulacions de tota mena sobre possibles futurs de la humanitat.

Com ja s'ha dit, la major capacitat especulativa i prospectiva de la ciència-ficció es pot trobar en la ciència-ficció escrita i no pas en la versió audiovisual cinematogràfica o televisiva. Aquest de la ciència-ficció és un àmbit on la galàxia Gutenberg sembla que manté encara el seu predomini. Tots recordem la dita que «una imatge val més que mil paraules», però continua sent veritat que «una paraula és capaç de suggerir molt més de mil imatges»... En el món de la ciència-ficció, l'especulació literària està encara molt per sobre de l'audiovisual.

Ciència-ficció: predicció i/o divulgació tecnocientífica

Sovint, s'ha volgut destacar el to i la voluntat predictiva de la ciència-ficció, almenys pel que fa al futur que ens deparen la ciència i la tecnologia modernes. Però tampoc aquí no s'apunta en la direcció correcta.

La preocupació pel futur que mostra la ciència-ficció ha fet que es pensés que pot ser una bona font de prediccions. Però especular no és predir i, de fet, les molt variades prediccions de la ciència-ficció tenen la mateixa seguretat que, per exemple, les del tarot o qualsevol altra art endevinatòria: si hom fa milers de prediccions sobre el futur, és molt possible que alguna s'acabi acomplint. Res més.

I, a més, per desgràcia, la gran majoria de les suposades prediccions tecnològiques de la ciència-ficció, l'única capacitat prospectiva que alguns li reconeixen, no han estat pas veritables prediccions, i són més aviat uns exemples més o menys coherents de certa mena de divulgació tecnocientífica.

L'exemple paradigmàtic de «predicció tecnològica» a la ciència-ficció en l'imaginari popular és la del submarí *Nautilus* que Jules Verne ens va descriure a *Vint mil llegües de viatge submarí* (1868). Malgrat l'opinió que avui predomina, no es tractava pas d'una predicció tecnològica: la idea de la navegació submarina ja havia estat plantejada i, fins i tot, practicada abans de la novel·la de Verne.

Ja un vell estudi de William Bourne, amb data de 1578, havia previst la possibilitat de la navegació submarina. Fins i tot, el maig de 1801, Robert Fulton, amb el suport econòmic de Napoleó, havia provat un protosubmarí per a quatre persones i l'havia batejat igual que Verne la seva andròmina de ficció: *Nautilus*.

També l'*Ictineu* del català Narcís Monturiol es va començar a construir l'any 1857 i es va provar per primera vegada al port de Barcelona l'any 1859, ben abans de la novel·la de Verne.

Per si calguessin més exemples, el 17 de febrer de 1864, al port de Charleston, com una acció més de la guerra civil nord-americana, el protosubmarí *H. L. Hunley* de la Confederació va atacar amb torpedes el vaixell *Housatonic* de la Unió.

De fet, Verne no va imaginar el submarí i, tal vegada co-neixedor del cas bèl·lic nord-americà, simplement el va uti-litzar a la seva novel·la, aquesta vegada al servei d'un heroi solitari, clarament antisocial i prou misogin.

Pobra prospectiva, és ben cert...

Però això és el que sovint ha fet i fa la ciència-ficció: utilitzar informacions existents sobre la tecnologia, per a especular i imaginar un possible futur on certes possibili-tats s'han fet ja realitat.

Algunes anticipacions tecnològiques

D'altres vegades, la flauta de la predicció tecnològica en-certada sona, encara que sigui només per casualitat. Si re-cordem que el 16 de febrer de 1946, el *New York Times* feia accessible al gran públic la gegantina imatge de l'ENIAC, que passa per ser el primer ordinador electrònic de la història, resulta encara més sorprenent el contingut d'una narració breu de ciència-ficció que Murray Leinster va pu-blicar el mes de març del mateix any 1946 a la revista espe-cialitzada *Astounding*.

Es tracta d'«Un lógico llamado Joe», escrita, evidentment, abans que el públic nord-americà (i molt possiblement el mateix Leinster) hagués pogut conèixer l'existència de l'ENIAC.

A «Un lógico llamado Joe», Leinster imagina (l'any 1946!) un sofisticat aparell de televisió, amb tecles i no dials, que està connectat, mitjançant la xarxa telefònica, a monumentals tancs de dades (*data tank*), i que permet con-sultar tota mena d'informacions i, també, sol·licitar qual-sevol programa televisiu actual o del passat. Un *lògic* es connecta també als altres *lògics* de la xarxa per a intercan-viar missatges, sons i imatges.

Just quan va néixer l'ENIAC, la imatge popular d'uns ordinadors gegantins, i s'iniciava el camí de la tecnologia informàtica, Leinster anticipava ni més ni menys que la microinformàtica i l'omnipresent Internet d'avui. Un bon exemple de predicció tecnològica que, val a dir-ho, no te-nia pas cap base en allò que es coneixia a meitat dels anys quaranta, i no era res més que la gosadia imaginati-va d'un escriptor que, per sort seva, el futur va triar fer re-alitat.

Prospectiva sociocultural

De fet, llevat de casos excepcionals com el d'«Un lógico lla-mado Joe», els aparells tecnològics en concret (o les seves funcionalitats principals) no poden ser anticipats amb ni tan sols un mínim de seguretat. I tampoc no és aquesta la funció de la ciència-ficció.

Hi ha alguns científics que han escrit ciència-ficció de contingut especulatiu al voltant del futur previsible de les seves pròpies especialitats tecnocientífiques. Així passa a obres com *Los soñadores expertos: 10 historias de ciencia ficción es-critas por científicos*, una antologia de contes preparada per Frederik Pohl, l'any 1962, a partir de les especulacions d'ex-perts tecnocientífics centrades en els seus camps d'espe-cialitat.

Però la realitat és que, en el cos majoritari de la cièn-cia-ficció trobem, també i sobretot, un tarannà especulatiu separat de la ciència i la tecnologia, tal vegada molt més relacionat amb les ciències socials. Per això, malgrat l'opi-nió popular que la vol limitar als aspectes més tecnocientí-fics, la ciència-ficció resulta molt més efectiva en la pros-pectiva dels aspectes socials, culturals i econòmics que el futur ens pot aportar.

El que és interessant de la ciència-ficció no és pas la predicció o no d'un artefacte tecnològic en particular, sinó, i això és el que de veritat importa, allò que Isaac Asimov considerava el caràcter definidor de la bona ciència-ficció: especular «sobre la resposta humana als canvis en l'àmbit de la ciència i la tecnologia».

Cal recordar aquí que l'especulació prospectiva de la ciència-ficció es fa amb voluntat bàsicament artística i no pas científica. Si la prospectiva empra models racionals per a imaginar el futur, la ciència-ficció se centra en la utiliza-ció de models dramàtics per a imaginar com pot ser viure en aquest futur i, de passada, pensar en altres possibilitats alternatives. Algunes a l'abast i d'altres, evidentment, no.

Aquesta és la vessant que sorgeix amb la ciència-ficció del britànic Herbert G. Wells, veritable pare fundador del gènere en l'aspecte que aquí ens interessa. És un fet a des-tacar que, el 1906, en un discurs de Wells a la Sociological Society britànica, el pare de la ciència-ficció moderna reco-manava que la sociologia adoptés com a «mètode propi i diferenciador» la creació d'utopies i la seva crítica exhaus-tiva. Aquest joc d'imaginar futurs (utòpics o no) i, també, d'advertir dels perills implícits en certes tendències del present és l'aspecte més enriquidor de l'especulació prò-pia de la ciència-ficció.

És evident que es pot veure una obra de Wells com *La màquina del temps* (1895) com una caricaturesca especulació al voltant del previsible futur de les classes socials en un futur molt llunyà (l'any 802701): els burgesos dependents del treball d'altri (els infantilitzats *eloi*) i els proletaris ave-sats a treballar amb les màquines (els bestialitzats *mor-lock*). Una visió que recull les preocupacions del bon so-cialista fabià que era Wells. Preocupacions que continuen al llarg de la seva vida creativa i, com era d'esperar, sent coherent amb el seu pensament, el portaren a imaginar històries de futurs possibles, com a *The shape of things to come*, que va ser portada al cinema l'any 1936 amb el ben revelador títol de *La vida futura*. El mateix Wells es basà en aquesta interpretació quan va encapçal ar aquesta curiosa novel·la, diguem-ne, de prospectiva (publicada el 1933) amb l'observació següent: «El que segueix és, o almenys pretén ésser, una breu història del món del proper segle i

mig. (Puc comprendre que el lector es fregarà els ulls en llegir aquestes paraules i sospitarà alguna mena d'agrafia en l'impressor.) Però això és exactament el que aquest manuscrit és: una breu història del futur.»

L'aprenentatge per a viure en el futur

Si la bona ciència-ficció ens descriu diversos futurs possibles, una bona qüestió és preguntar-nos per què ho fa i de què ens serveix.

Hi ha molts exemples d'això, però un dels més evidents i recents és l'anàlisi de la reacció social davant la possibilitat del clonatge d'humans. Per a la majoria de la societat aquest és un fenomen que, com ja s'ha dit, va rebre una atenció general quan, el febrer de 1997, es va aconseguir el clonatge del primer mamífer de la història: l'ovella Dolly. Val a dir que alguns s'hi havien avançat i ja havien començat a parlar-ne quan, a finals de 1993, es van fer públics els experiments de clonatge d'embrions humans duts a terme per l'equip del doctor Jerry Hall al Centre Mèdic Universitari George Washington.

Lògicament, el 1997 va veure de tot en relació amb el clonatge humà i l'enginyeria genètica: manifestacions cominatóries del sant pare de l'Església catòlica romana, declaracions solemnes de la UNESCO sobre l'ètica en l'enginyeria genètica i, fins i tot, la conversió de la innocent ovella Dolly en el personatge de l'any 1997 a algunes revistes nord-americanes.

Però als lectors de ciència-ficció tot això ja no els ve de nou. Des de 1932, amb *Un món feliç* d'Aldous Huxley (inspirada en els treballs i especulacions sobre biologia de J. B. S. Haldane de 1924), i, sobretot, a partir de la dècada dels setanta, amb una abundant reflexió sobre els efectes socials, psicològics i fins i tot militars del clonatge humà, aquest tema ha estat analitzat repetides vegades a la ciència-ficció. A històries com «Les nou vides» (1968) d'Ursula K. Le Guin, i novel·les com *Donde solían cantar los dulces pájaros* (1976) de Kate Wilhelm, *Y mañana serán clones* (1977) de John Varley, o l'espectacular i quasi definitiva *Cyteen* (1988) de C. J. Cherryh, els lectors de ciència-ficció han après a imaginar quina podria ser «la resposta humana als canvis en l'àmbit de la ciència i la tecnologia» pel que fa al clonatge d'humans. No és pas poca cosa.

I no cal pas quedar-se en el clonatge i la biotecnologia. L'any 1942, precisament abans que el gran públic conegués la possibilitat d'una bomba atòmica o de les centrals nuclears, l'escriptor Lester del Rey desenvolupava, a *Nervios* (1942), la terrible possibilitat d'una central nuclear (atòmica, en la denominació de l'època) que es descontrola i corre el perill de convertir-se en un problema molt seriós, com la realitat va demostrar que ho foren els incidents de Three Mile Island als EUA i de Txernòbil a la Unió Soviètica.

Pel que fa al món de la tecnologia nuclear, cal esmentar el cas curiós d'una història prou famosa, «Tiempo Límite» («Deadline»), publicada, l'any 1944, per Cleve Cartmill a la revista *Astounding Science Fiction*, la revista de John Campbell. L'autor hi feia una clara descripció del funcionament d'una bomba atòmica, precisament quan això era un gran secret militar. De fet, la bomba atòmica del conte de Cartmill no podia pas funcionar, però l'autor deixava ben clar que el problema principal era la separació dels isòtops no fissionables de l'urani 235.

Però la cosa va anar més lluny.

El març de 1944, un capità de la divisió d'intel·ligència i seguretat del Projecte Manhattan va demanar una investigació sobre Cartmill. Pensava que hi havia hagut un error de seguretat del projecte, que tot procedia d'una filtració, i volia corregir-ho. La investigació va demostrar que no hi havia hagut cap errada de seguretat, simplement Cartmill (i el seu editor Campbell) ho havien deduït sense més problemes a partir de documentació disponible a les biblioteques públiques.

Aquesta anècdota acostuma a ser citada prou sovint pels autors i lectors habituats a la ciència-ficció, però la realitat és, encara, una mica més complexa. Com va ser que el capità de la divisió d'intel·ligència i seguretat del Projecte Manhattan es va assabentar del contingut d'un conte de ciència-ficció, publicat en una revista barata i, segurament, poc habitual entre els especialistes en seguretat? Doncs sembla que fou precisament perquè alguns dels científics (n'hauríem de dir *tecnocientífics*?) del Projecte Manhattan llegien *Astounding* i, en un dinar, van comentar el conte i fins a quin punt s'assemblava al que ells estaven fent realment. Una mena de cercle tancat; ficció que imita la tecnociència, i tecnociència que no rebutja inspirar-se en la ficció.

Doncs bé, tornant a l'eix principal d'aquest moment del discurs, el lector de ciència-ficció, avesat a imaginar futurs diferents per efecte de la ciència i la tecnologia, adquireix en certa manera un aprenentatge especial per viure en aquest futur. És ben cert, com ja s'ha dit, que el futur no serà pas com l'imagina la ciència-ficció, però tan sols el fet de pensar en la relativitat del present i en les possibles alternatives que poden sorgir en el futur és un efectiu aprenentatge per a viure-hi.

Tecnologia, màquines i ficció

Però el tema més habitual en la ficció que tracta de la tecnologia ha estat, sempre, el de les màquines, el seu possible perill, i l'imprescindible paper de la ficció per a alertar d'un possible món on la humanitat pugui perdre el seu paper habitual davant la màquina.

I això es fa des de narracions clàssiques com «La màquina para» («The machine stops», 1909), d'E. M. Forster, fins a les actuals pel·lícules com *Terminator* (1984, 1991 i

2003), *Matrix* (1999, 2002 i 2003) i 2001, *una odissea de l'espai* (1967). La ficció ha alçat sovint el seu clam davant la possibilitat d'una societat de màquines i d'uns humans que podien perdre el seu paper habitual, el control social i tot el que havien assolit, substituïts per les màquines.

De tota manera, val a dir que l'enfrontament habitual entre tecnologia i humanitat és una mena de curios ab-surd. És precisament la tecnologia el que ens ha fet humans: per a molts resulta ja evident que som fruit de l'evolució natural i, de fet, som una mena de mutació dels ximpanzés que va aprendre a fer servir més i més eines. Això és, precisament, la tecnologia. I, de qualsevol manera que es vulgui mirar, ha de resultar també evident que les màquines les hem fetes els humans i no pas les formigues o els marciàns... La tecnologia no es pot pas contraposar a la humanitat: la tecnologia és el que ens caracteritza com a humans.

La síntesi més clara del maquinisme, almenys durant el segle xx, ha estat la figura del robot. Sovint, en els primers anys de la història de la ciència-ficció, el robot és, de fet, i sobretot, una figura al·legòrica del maquinisme. Com a tal, és utilitzada per a criticar la imatge d'una societat completament tecnificada i controlada per les màquines, tota mena de màquines. Una invenció especulativa al servei de la ideologia clàssica dels *luddites*.

De fet, fins pels voltants de 1940, la figura del robot a la ciència-ficció és majoritàriament negativa, presentada com un perill (seguint l'esquema del mite faustià) i considerada, en general, com una creació humana que escapa o pot escapar al control dels seus creadors.

El terme *robot*, nascut de la mandra d'un traductor (que no va passar a l'anglès la paraula txeca *robota*, treballador forçat, que imaginava no equivalent al *worker* anglès), ha estat adoptat per tothom, científics i narradors. A la ficció, un autor tan conegut com Isaac Asimov és qui s'ha encarregat de reivindicar la invenció i la denominació d'un camp d'estudi com és ara l'actual *robòtica*, i ha obtingut en això l'acord de grans especialistes mundials en aquesta nova tecnociència, com el conegut Hans Moravec.

Però no cal enganyar-se. A la ciència-ficció els robots componen una temàtica que arrenca molt abans que no ho pugui fer en la recerca tecnològica i l'aplicació industrial. Dit d'una altra manera, Moravec, l'especialista en robòtica, és molt més jove que Asimov, el narrador de la robòtica, i a Moravec no li ha costat gens admetre que, almenys en el camp de les especulacions, està en deute amb l'autor de ciència-ficció.

La imatge popular del robot procedeix, bàsicament, de dues fonts complementàries:

1. les llegendes i mites sobre la creació per part dels humans d'altres intel·ligències i éssers autònoms (*golem*, *homunculus*, el monstre de Frankenstein, etc.), i
2. la lògica i esperada evolució dels mecanismes mecànics que constitueixen els autòmats.

Si el rabí de Praga crea el seu *golem* amb fang i el controla amb una paraula màgica, el segle xx ha de recórrer a una nova forma tecnològica per a crear els seus esclaus animats. Un robot no és cap altra cosa que un esclau animat que, tot i de procedència artificial (mecànica i/o informàtica), es pot rebel·lar com ho feren, per exemple, els esclaus humans comandats per Espàrtac. I la novetat dels autòmats, amb la seva capacitat de moviment autònom (una veritable sorpresa per als humans de fa només dos segles...), serà un bon estímul per a la imaginació.

D'altra banda, en un sentit que sembla completament oposat, també és una característica repetida en moltes narracions la presentació de la imatge del robot com un possible nou pas en l'escala evolutiva, l'espècie que ha de substituir la humanitat en el domini del planeta. És clar que, malgrat tot, això no s'aparta pas gaire de la imatge del robot com un perill per a la humanitat a la que ve, ara com a mal menor, a substituir i no tan sols a destruir.

Les visions més optimistes

També cal pensar en una ficció enlluernada amb les meravelles de la tecnologia i tot allò que aquesta ha aportat a la humanitat: una més dilatada esperança de vida, comunicacions i transports més eficients i senzills, més riquesa (encara no prou adequadament repartida) i un llarg etcètera que no cap aquí.

De fet, aquesta va ser la idea força d'on va sorgir la «fundació» original de la ciència-ficció, quan el luxemburguès Hugo Gernsback, emigrat als Estats Units, va decidir incloure a les revistes tècniques algunes històries sobre les meravelles que ens depararia la tecnologia del futur. Des del seu propi conte «Ralph 124C41+» (aparegut a la revista tècnica *Modern Electrics*, 1911), fins a crear la primera revista dedicada només al que ell anomenava llavors *scientifiction* (*Amazing Stories*, nascuda l'abril de 1926) i que va acabar sent el que avui coneixem com a *ciència-ficció*.

Aquest, tot i que no ha estat pas l'aspecte dominant en la ficció que tracta de la tecnologia i els seus efectes en els humans i les seves societats, va ser, curiosament, l'origen de la moderna ciència-ficció, tot i que havia tingut, com ja s'ha dit, uns veritables pares fundadors en el francès Jules Verne o el britànic Herbert G. Wells. Però, en aquells moments, encara al segle xix, el nou gènere narratiu tan lligat a la tecnociència encara no tenia nom.

La tecnologia, doncs, és essencialment humana, i fou precisament en les revistes tecnològiques on va aparèixer per primera vegada, de manera estructurada i amb voluntat de continuïtat, la ficció especialitzada precisament a especular «sobre la resposta humana als canvis en l'àmbit de la ciència i la tecnologia». ■

LA GEOMETRIA I LA MECÀNICA A L'OBRADE DE GAUDÍ

Claudi Alsina,* Josep Gómez* i Jordi Faulí**

* Departament d'Estructures a l'Arquitectura. Universitat Politècnica de Catalunya

** Arquitecte adjunt de les obres del temple de la Sagrada Família

Introducció

Els elements geomètrics i tècnics que Gaudí utilitzà han sigut i encara són matèries que causen admiració i interès en tot el món cultural. És satisfactori poder exposar algunes de les seves troballes amb els mitjans d'avui en dia per a entendre millor la síntesi de matèries que contenien els seus projectes i difondre millor els continguts de la seva obra.

Alguns dels coetanis de Gaudí van quedar admirats dels seus mètodes, com el professor Fèlix Cardellach, que escrivia en un article publicat a l'*Àlbum del Temple* de principis de 1936: «Quan un home és veritablement genial, reflecteix la seva genialitat sobre totes les coses que toca. Per això és que la mecànica general es converteix en mecànica d'en Gaudí, en ésser empleada per ell en les seves obres. A tots els coneixedors de les actuals teories de resistència de materials no se'ls escapa la nova orientació mecànica de què van impregnades les seves construccions; però els qui com nosaltres hem tingut la fortuna de parlar d'aquestes coses amb el seu autor, hem vist... hem besllumat moltíssimes, grans, atrevides, poderoses innovacions que imposen encara més per la seva lògica constructiva.»

Totes aquestes provatures i descobertes de Gaudí tenien com a escenari l'obra de Gaudí, el taller estudi al costat de la Sagrada Família, on les noves formes es creaven i on els seus contemporanis el conegueren.

L'estudi obrador d'Antoni Gaudí era situat a la cantonada dels carrers de Sardenya i Provença, en la mateixa illa de la Sagrada Família. Era una construcció que havia anat creixent segons les necessitats d'ús i, per tant, era el resultat de les diferents èpoques en què s'havia realitzat (figura 1).

La primera part que es construí va ser la casa del capellà custodi, cap a l'any 1887, a l'antic hort del guardià. Atès que Gaudí entrà a les obres de la Sagrada Família l'any 1883, podem considerar que va ser ell qui projectà i construí aquesta obra secundària del temple. La construcció de l'obra va ser anterior a l'acabament de la cripta. Tenia una coberta de dues vessants i amb volta de maó pla en els xamfrans. Les finestres tenien gelosies de fusta, inclinades i pintades blau ultramar-cobalt com les construccions marines mediterrànies.



FIGURA 1. L'obra de Gaudí, situat al costat de la façana de l'absis.

Joan Matamala, escultor i modelista, col·laborador de Gaudí a la Sagrada Família, escrigué a les seves memòries: «A finals del segle XIX s'inicià l'habilitació de la planta superior com a estudi de Gaudí. A començament de segle s'afegeix al xamfrà corresponent el taller fotogràfic, amb vidres als dos costats i coberta mòbil inclinada, i el magatzem de models adjunt amb la coberta de conoides»¹ (figura 2).

Atès que la construcció del temple exigiria un termi-

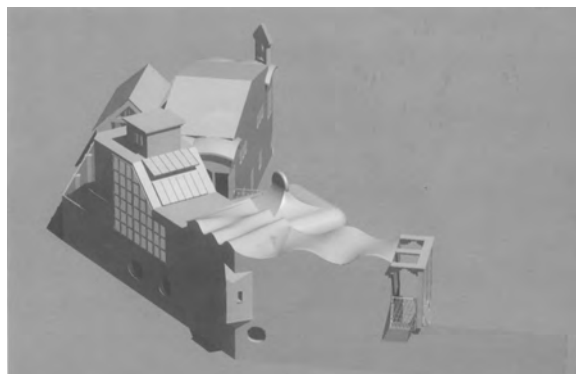
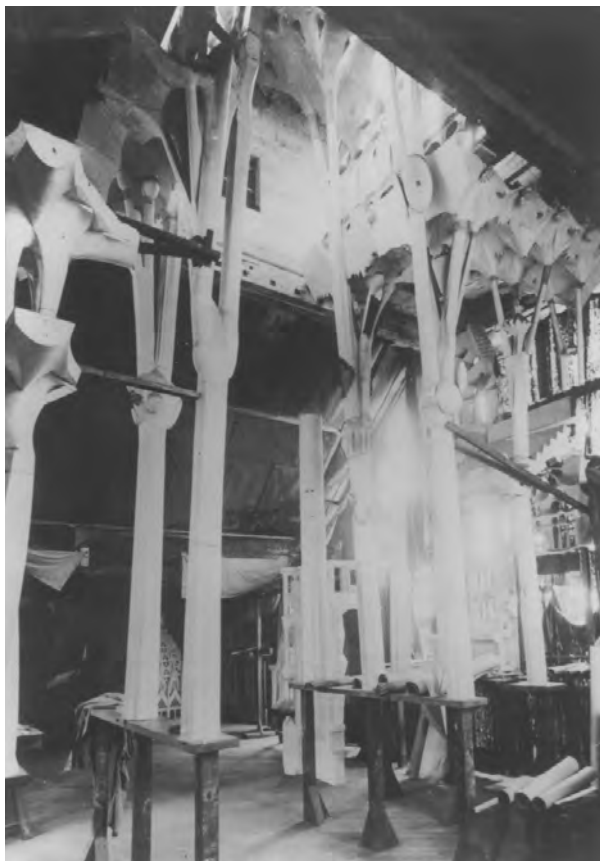


FIGURA 2. Imatge virtual de l'obra de Gaudí.

1. JOAN MATAMALA FLÓTATS, *Antoni Gaudí: Mi itinerario con el arquitecto*, Barcelona, Claret, 1999, p. 62-63.



© Temple de la Sagrada Família

FIGURA 3. Maqueta de les naus a escala 1:10 situada a dins de l'obrador.

ni llarg, Gaudí traslladà les seves oficines al mateix solar i construï el seu estudi sobre l'habitatge del guardià, per tal d'elaborar els plànols al costat de l'obra i poder fer-ne un bon seguiment.

Aquest estudi fou durant la resta de la vida el seu estudi. Allà rebia les visites i es dibuixaven els plànols a la llum del quinqué, car en aquella demarcació encara trigà temps a arribar l'enllumenat de gas. A prop dels taulells de dibuixar, «ho il·luminaven tot dos fanals similars als de l'obra i que dos manobres s'ocupaven de mantenir».²

Al taller fotogràfic i posterior lloc de les maquetes 1:10 de la nau del temple, hi havia una part de la coberta mòbil que basculava amb contrapesos i permetia l'entrada gradual de llum natural per il·luminar la maqueta. A la part superior, una construcció que s'afegí permetia encabir-hi la maqueta completa de la nau principal, que superava els 5 m d'alçària. Uns cortinatges laterals sobre unes vidrieres, a tota l'alçària, permetien obtenir la lluminositat necessària en cada moment (figura 3). Al costat del taller fotogràfic i lloc de la maqueta de la nau, a l'angle del xamfrà, hi havia el magatzem de models. En aquesta edificació Gaudí utilitzà per primera vegada el conoide amb jàssera central al mig, que després aplicarà en la construcció de les escoles.

2. Joan MATAMALA FLOTATS, *Antoni Gaudí: Mi itinerario con el arquitecto*, Barcelona, Claret, 1999, p. 125.

En aquest lloc, Gaudí portà a terme la majoria de les seves obres i analitzà les seves teories, que es basaven, com sempre deia, en tornar a l'origen de tots els coneixements. Les aplicacions que Gaudí féu en mecànica i geometria van ser realment originals i pot ser atraient apropar-se als detalls d'alguna d'aquestes aplicacions.

Les propostes estructurals

L'arquitectura de Gaudí és singular pel projecte i disseny de les seves estructures. Gaudí és conegut per les seves estructures espacials penjades en què cerca sempre una forma arquitectònica adaptada al conjunt de masses que ha-

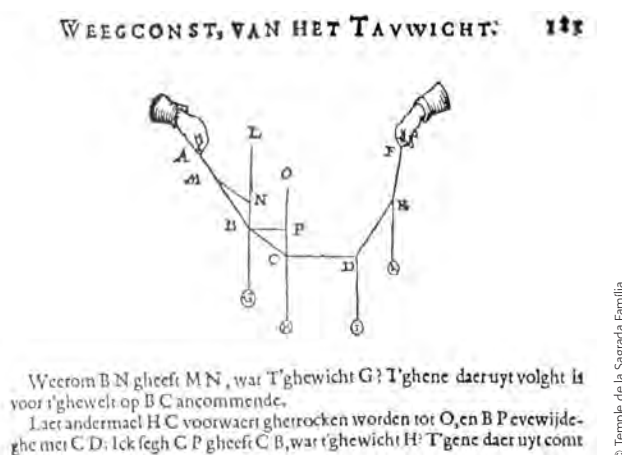


FIGURA 4. Gràfic de Stein (1586).

via de suportar, un model enginyós, síntesi del disseny arquitectònic amb l'estructura i en el qual utilitzava els arcs catenaris o funiculars.

Gaudí aprenqué els coneixements sobre arcs catenaris i funiculars en el seu període universitari (figura 4), i en les col·laboracions professionals que realitzava. Aquests coneixements foren avantguardistes i innovadors en l'arquitectura del seu temps.

Durant el seu treball professional, Gaudí anà assolint els coneixements que després li permeteren investigar i experimentar el comportament estructural de les obres que planejava. L'experiment del model catenari en el pla (la forma traccionada que adopta un fil penjat amb càrregues és la inversa de la línia comprimida que adoptaria un arc amb la longitud del fil i les mateixes càrregues considerades) ja era tingut en compte per diversos autors des de feia temps (Stevin, 1586; Belidor, 1729; Euler, 1744; Millington, 1830, etc.).

Els mètodes gràfics per a poder calcular el model catenari o funicular havien evolucionat des de feia molt temps quan Lahire, el 1695, buscà un polígon funicular gràfic per obtenir l'anàlisi de l'arc. L'any 1773, Coulomb plantejà clarament l'empenta de la clau segons la forma i les càrregues aplicades. Aquests mètodes gràfics evolucionaren durant la primera meitat del segle XIX (Lamé, Clapeyron, Navier,

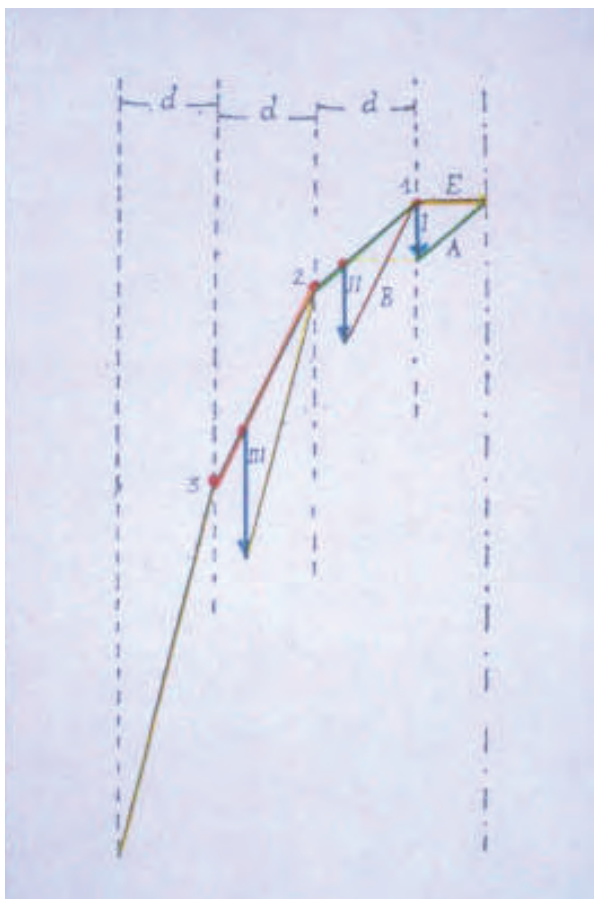


FIGURA 5. Gràfic de Joan Bergós per explicar el sistema de Gaudí de càlcul dels polígons funiculars.

Poncelet, etc.), i es van fer més efectius i aplicables en la segona meitat del segle (Culman, Scheffler, Cremona, Ritter, Williot, etc.). En l'assignatura de mecànica aplicada, que impartia el catedràtic Joan Torras i Guardiola, s'esmentava i s'explicava el mètode de Scheffler, del qual Gaudí tindria coneixement. Es considera que Joan Martorell inicià Gaudí en el càlcul gràfic, opció possible, i que en conjunt elaboraren una base del seu coneixement estructural. Una singularitat de Gaudí, en el camp estructural, és simplificar l'aplicació dels mètodes de càlcul gràfic. Joan Bergós, arquitecte, coneixedor de temes tècnics, i que tingué moltes converses i amistat amb Gaudí, escriví al llibre *Materiales y elementos de construcción* (Barcelona, Bosch, 1952, p. 258): «También ideó el procedimiento gráfico reproducido: se divide la luz en número impar de partes iguales "d" y se trazan verticales por los puntos de división, partiendo de un empuje en la clave E que se compone con el primer peso I proporcional a E; su resultante A (valor y dirección de la segunda funícula), trasladada sobre el segundo lado de la funícula, se compone con el otro peso proporcional II obteniéndose B (valor y dirección de la tercera funícula) y así sucesivamente» (figura 5). (S'ha d'entendre que les càrregues I, II, III estan aplicades en les verticals de les particions d, però per una forma

operativa i per una facilitat de construcció gràfica les càrregues se situen en l'extrem de A', B'. Així també, la composició de forces s'hauria de fer, estrictament, en el punt següent a on s'efectua. Amb aquestes irregularitats introduïdes per Gaudí, el mètode resulta més operatiu d'aplicació.)

Els diversos càlculs gràfics de Gaudí publicats pels seus col·laboradors, i els documents de càlcul gràfic d'ells mateixos (Rubió, Berenguer, Sugranyes i Bergós) segueixen les pautes indicades anteriorment. Podem dir que aquest mètode pràctic era utilitzat per Gaudí i els seus ajudants en els càlculs gràfics que feien.

Gaudí utilitzà els càlculs gràfics en molts dels seus projectes. En la nau de la Cooperativa Mataronense, determinà un arc parabòlic de fusta que transmet les càrregues fins a terra. Aquest arc, format amb tres taulons de fusta units amb perns, determina l'estructura resistent que es calcularia amb el mètode gràfic. El valor de la força en l'arc funicular i el descentrament de l'arc funicular respecte de l'eix real de l'estructura fixen els esforços per al seu dimensionament, com ho demostren els documents utilitzats per Gaudí i els seus col·laboradors. En un altre projecte, el de la cascada de la Casa Vicens (desapareguda), l'arc inferior recollia clarament el resultat gràfic funicular de les càrregues que els muntants de totxo li transmetien des de la part superior. En els murs de contrafort amb porxada del parc Güell la forma resultant és obtinguda amb el funicular de les càrregues actuant (figura 6). Els documents publicats per Rubió i Bellver, ajudant de Gaudí, ho corroboren i

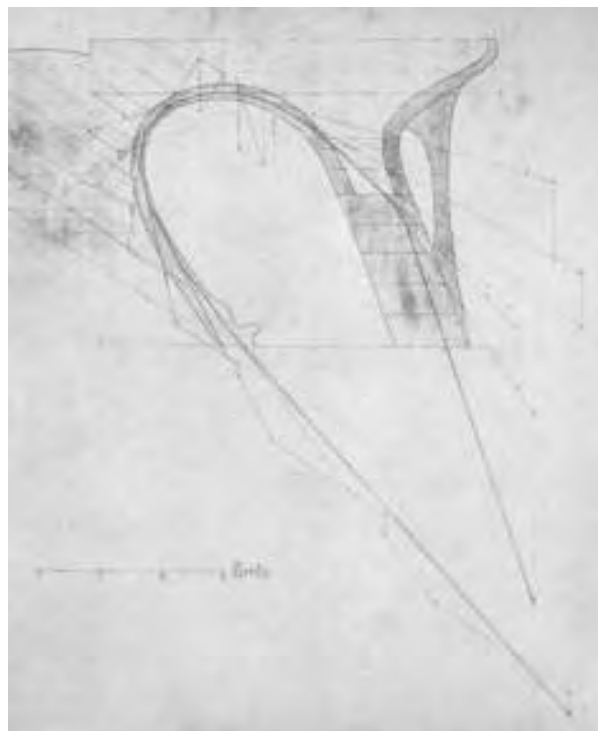


FIGURA 6. Càlcul de l'estructura i forma d'un mur de contenció del parc Güell.

segueixen les condicions gràfiques anotades anteriorment del mètode utilitzat per Gaudí, on les càrregues són les gravitatòries i les empentes de contenció de terres. En altres obres, com ara les cavallerisses Güell, el Palau Güell, el col·legi de les Teresianes, Bellesguard, les golfes de la Casa Batlló i la Casa Milà, la Sagrada Família, etc., els arcs parabòlics o catenaris intenten seguir l'arc funicular que suportava les càrregues.

No obstant això, la singularitat de Gaudí és aplicar-lo espacialment i crear la maqueta de disseny de l'església de la Colònia Güell. Primerament estudià la formació de les torres cúpules mitjançant uns elements de corda als quals penjava cadenes com a pes, i obtenia una forma movable en funció de les càrregues (cadenes) que hagués considerat. La longitud de la cadena donava la càrrega considerada. Només es conserva una sola fotografia de l'experiment de la primera maqueta, de la qual podem deduir que només treballava amb la meitat de les voltes centrals, ja que fixava l'eix de les cúpules centrals mitjançant un cable vertical tensat que li permetia treballar amb la meitat de la maqueta (figura 7). D'aquest estudi passà a realitzar una maqueta completa a escala 1:10 amb saquets de perdigons pesats, que representaven les càrregues en cada element de coberta. Reproduïa en maqueta la totalitat del model i obtenia les càrregues a les bases de les columnes en situar uns dinamòmetres en els arrencaments dels fils que simulaven les columnes. De la lectura del dinamòmetre deduïa les tensions que suportaven les columnes. Col·locant un teixit per l'interior de la maqueta de la nau obtenia l'espai interior i a la inversa del projecte de l'església de la Colònia Güell, que després redibuixaria sobre la fotografia obtinguda (figura 8). Aquest procés va ser lent i laboriós. La paralització posterior de les obres el 1914 de l'església de la Colònia Güell deixà aturat el treball previst en la maqueta, però amb el desig de continuar-lo. El pas del temps, la mort de Gaudí i, posteriorment, la Guerra Civil deterioraren tota la maqueta, que es pot veure ara en el Museu de la

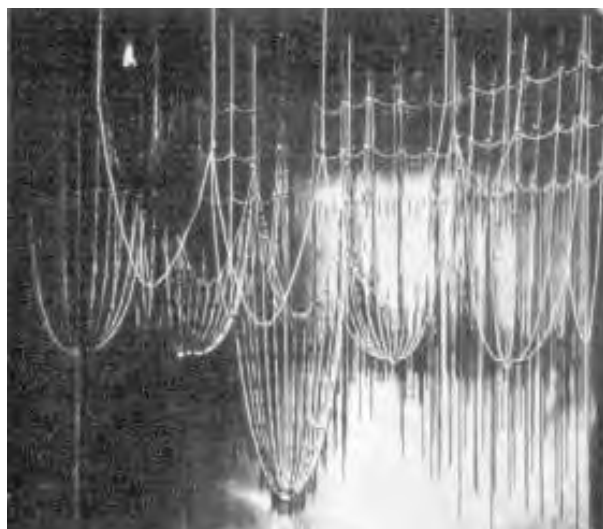


FIGURA 7. Primera maqueta invertida per a calcular l'església de la Colònia Güell.



FIGURA 8. Maqueta polifuncional invertida de l'església de la Colònia Güell.

Sagrada Família reproduïda per un grup d'arquitectes dirigit per Frei Otto.

Cèsar Martinell a «Gaudí i la Sagrada Família explicada per ell mateix», transcriu les paraules següents de Gaudí: «Els



FIGURA 9. Model on es diferencien amb colors els diferents paraboloides que formen la coberta de la nau central.

funicles de la Sagrada Família els he trobat gràficament, i els de la Colònia Güell els vaig trobar experimentalment; però els dos procediments són el mateix i l'un és fill de l'altre.»

Segons Gaudí, l'experiència de l'església de la Colònia Güell condicionà el seu darrer gran projecte estructural: el projecte de les naus i torres del temple de la Sagrada Família, al qual Gaudí es dedica intensament des de l'any 1914. L'any 1923, Gaudí explica l'estabilitat del temple a l'*Anuario* de l'Associació d'Arquitectes de Catalunya en un article subscrit pel seu ajudant Domènec Sugranyes, que reproduïx el contingut d'una conferència que aquest mateix donà. L'estabilitat de la nau és el resultat d'un càlcul espacial de funícules catenàries, que es desdobra en dos plans en ser la nau doblement simètrica. Considerant els pesos de la coberta de la nau (similars als saquets del model de l'església de la Colònia Güell) i les direccions de les columnes (similars als fils del model citat), modela la forma i obté els resultats de les tensions en les columnes d'una manera senzilla i brillant, basant-se en els mateixos principis que el model catenari de la Colònia Güell. Determina formalment la coberta i el sostre de la nau de la Sagrada Família mitjançant superfícies reglades i n'obté el centre de gravetat component el pesos parcials de cadascuna de les parts geomètriques en què es divideix (figura 9). Els pilars de suport tindran millor rendiment si se situen en aquests centres de gravetat (figura 10). És similar a sostenir un barret



FIGURA 10. Versió de la maqueta de la nau principal (1923).

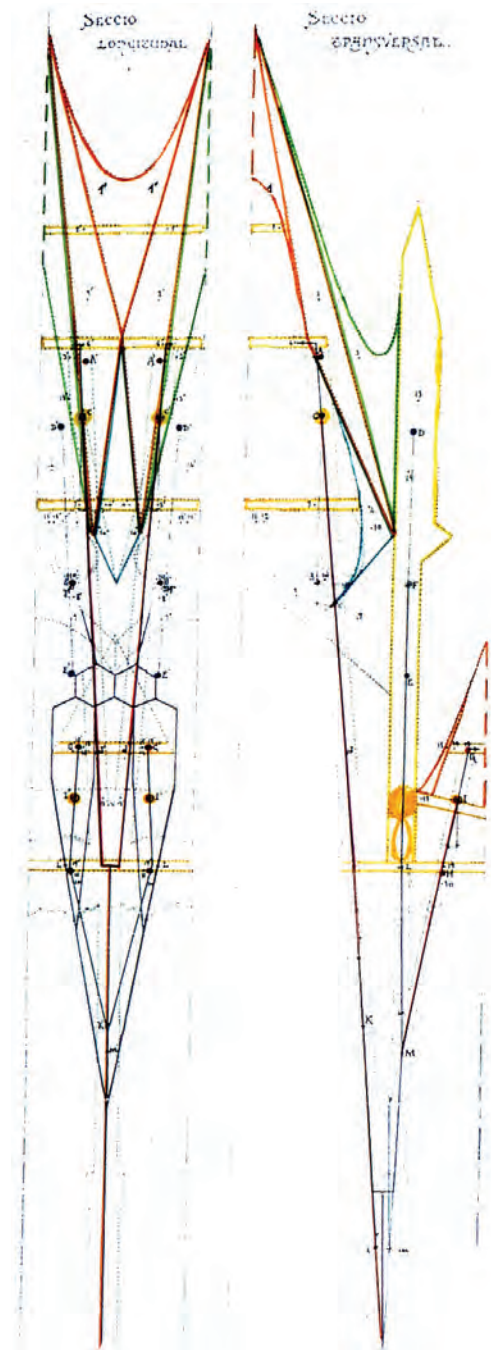


FIGURA 11. Càlcul gràfic de les naus realitzat per Gaudí i explicat per Sugranyes a l'Associació d'Arquitectes (1923).

amb una barra que passi pel centre de gravetat del barret: les possibilitats de bolcar es redueixen. Estem també aplicant el principi invers però similar a sostenir un element amb un cordill. Si la direcció del cordill passa pel centre de gravetat de l'element, aquest es mantindrà estàtic. Si no, es mourà fins que la direcció del cordill passi pel centre de gravetat. Per tant, que la columna suport arrenqui del centre de gravetat de l'element a sostenir és un principi correcte que Gaudí aplicava estàticament. En aquest cas, el del càlcul de la nau de la Sa-



© Temple de la Sagrada Família

FIGURA 12. Visió de la nau principal del temple.

grada Família, Gaudí marca la pauta del comportament catenari o funicular, definint uns punts de convergència de la columna superior de la nau, amb la resultant del pes de la façana superior, i amb la càrrega del sostre lateral i pinacles, i obté per fi la resultant lleugerament inclinada de les columnes de la nau de la Sagrada Família (figura 11). Un enginy estructural per a obtenir de manera senzilla una forma equilibrada que segueix els funiculars o catenaris de l'estabilitat de càrregues verticals i que no requereix els grans contraforts de les catedrals gòtiques. És tota una evolució en les possibilitats del càlcul gràfic i de les funícules o catenàries que de sempre acompanyaren Gaudí en el seu disseny arquitectònic.

Una columna nova

Antoni Gaudí ideà per a les naus del temple de la Sagrada Família una columna nova en la història de l'arquitectura, que li permetia, amb una forma estàticament molt adequada i resistent, combinar i unir les diferents ramificacions dels arbres estructurals, de manera que hi hagués continuïtat entre les arestes i les superfícies de les columnes adjacents (figura 12). Desitjava que les columnes adquirissin un creixement helicoidal similar al dels arbres i, per això, les columnes que dissenyà per a les primeres solucions de les naus eren helicoidals, salomòniques, amb una base polygonal (triangle equilàter, quadrat) que es des-

plaçava fins a la part superior resseguint una espiral, solució que no el convenia perquè la seva capacitat resistent en relació amb la seva massa és baixa en comparació amb altres columnes clàssiques.

Gaudí pretenia obtenir una columna resistent i d'una secció contínuament variable com a expressió del movi-



© Temple de la Sagrada Família

FIGURA 13. Columna de base quadrada, que es transforma en un octàgon, en un polígon de setze costats i s'acosta al cercle cap al cap superior.

ment del seu creixement. Així, la columna salomònica inicial es convertí en una columna doblement helicoidal, fruit de la intersecció de dos helicoides de gir invers sorgits de la mateixa base. La intersecció de dues columnes salomòniques o helicoidals inverses provoca, a mesura que la columna s'eleva, la reducció progressiva del diàmetre dels vèrtexs de la columna, fins a acostar-se al cercle en el cap superior, i també, com a conseqüència, la multiplicació del nombre d'arestes, que esdevindrien infinites en el cercle (figura 13).

Gaudí establí les lleis de generació d'aquesta nova columna en el model de guix a escala 1:10 de la columna de la nau central, de 140 cm de diàmetre. Segons el sistema de modulació establert per a la Sagrada Família, els diàmetres de totes les columnes són dotzenes parts del diàmetre de la columna principal del centre del creuer, 210 cm. En el cas de la columna inferior de la nau central, 140 cm correspon a les 8/12 parts. La secció inferior de la columna és una estrella de vuit puntes generada per dos quadrats girats 45°. El contorn són vuit paràboles convexes i vuit de còncaves enllaçades entre si i tangents als costats dels quadrats (figura 14). La intersecció del doble gir helicoidal d'aquesta plantilla provoca entre la base i els 8 m d'altura la progressiva desaparició de les paràboles convexes fins a deixar el fust de la columna amb només les paràboles còncaves, però setze (el doble de les que hi havia a la base), i havent adquirit la columna setze arestes sorgides dels centres de les paràboles de la base (figura 15). S'arriba a aquestes setze paràboles còncaves iguals en una altura de 8 m, el mateix nombre de vèrtexs de la plantilla inicial de la columna, la qual ha girat 11,25° per generar l'helicoide amb gir horari i 11,25° més per generar l'helicoide amb gir

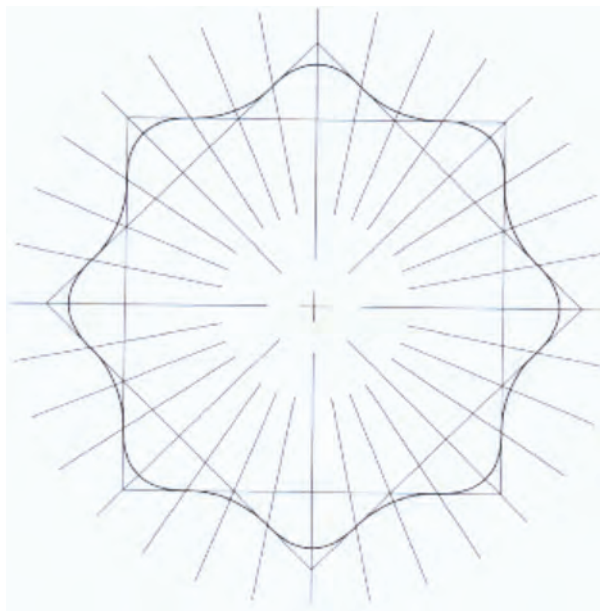


FIGURA 14. Secció de la base de la columna de la nau central (vuit elements).

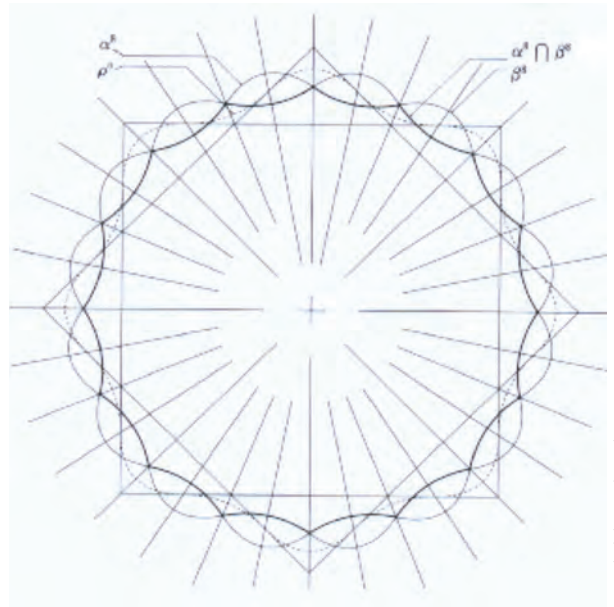


FIGURA 15. Secció de la columna de la nau central a 8 m d'altura.

contrari. En els quatre metres següents, dels 8 als 12, la secció formada per setze paràboles gira 5,675° en doble sentit per reduir el diàmetre dels vèrtexs i doblar el nombre de paràboles fins a trenta-dos. En els dos metres següents el nombre de paràboles es converteix en seixanta-quatre i la columna s'atura als 14 m. Si seguíssim el mateix procediment la columna dobraria successivament el nombre d'arestes i paràboles cada vegada en una altura i angle de gir meitat dels precedents fins a arribar als 16 m al cercle en un nombre de girs infinit (figura 16).

L'altura de cada gir és la meitat del gir anterior: $h_n = h_{n-1} / 2$, i també l'angle total de cada gir és la meitat de l'anterior: $a_n = a_{n-1} / 2$.

Amb aquesta regla, s'arribaria al cercle en una altura doble de l'altura del primer gir (és a dir, a 16 m, ja que el primer gir és a 8 m) i havent girat la base 22,5° en cada un dels dos sentits.

$$H = h_1 + h_1/2 + h_1/4 + h_1/8 + h_1/16 + \dots = 2h_1$$

L'esveltesa de la columna és 1:10 (1,40 m / 14 m).

El diàmetre mínim de la pell de la columna és sempre el mateix en tota l'altura i es correspon amb el del cercle final. La secció que provoca la forma de la columna amb el doble gir invers és sempre la de la base, de vuit paràboles convexes i vuit de còncaves. La resta de les columnes inferiors del temple tindran la mateixa esveltesa i el mateix creixement, proporcional al seu diàmetre i al nombre de vèrtexs de la base; per exemple, la columna del centre del creuer de 210 cm de diàmetre i 12 vèrtexs a la base arribarà als 21 m d'alçària (12 + 6 + 3), més una base d'1,2 m (figures 17 i 18).



FIGURA 16. Dues columnes de la nau central, construïdes amb granit.

La columna nova en el sistema estructural arborescent

Segons escriuen James Johnson Sweeney i Josep Lluís Sert (*Antoni Gaudí*, Buenos Aires, Infinito, 1961), l'arquitectura de Gaudí «subratlla l'expressió de les formes que regeixen les lleis estàtiques». I és precisament la descoberta d'aquesta nova columna el que li permet donar continuïtat a les superfícies que enllacen les diferents columnes

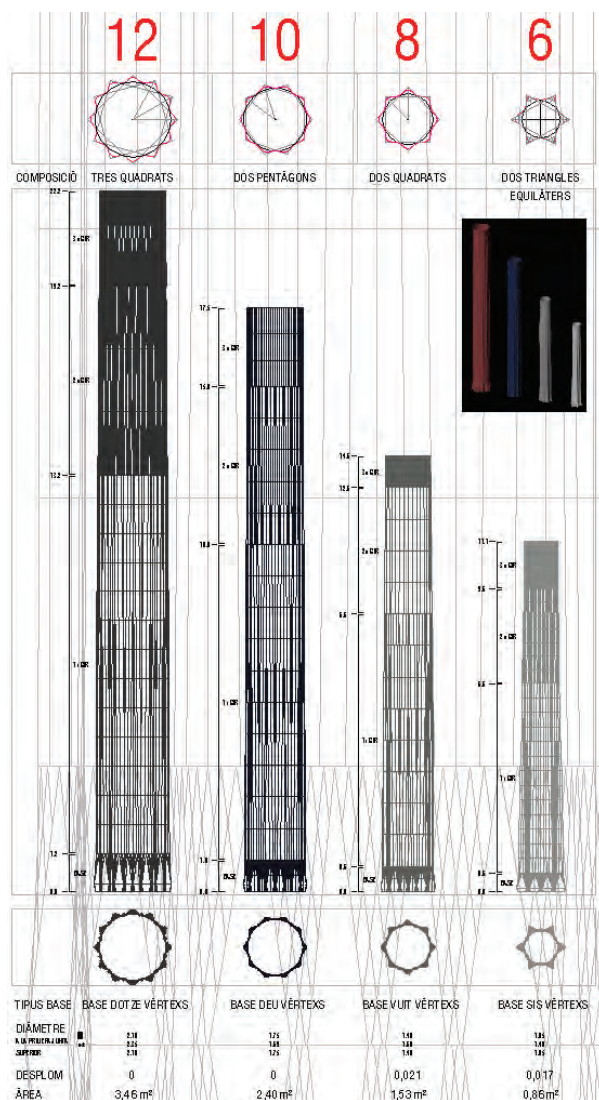


FIGURA 17. Sèrie de les quatre columnes principals del temple.

del sistema estructural arborescent, de manera que la forma serà expressió també de la continuïtat de les funícules estructurals.

Les columnes que connecten directament amb la volta dels 30 m d'alçària de la nau principal o del deambulatori de l'absis són de dos diàmetres i tipus segons el pes que suporten: la primera, de base inferior quadrada i diàmetre de 52,5 cm (3/12 parts de 210 cm), i l'altra, de base en forma de pentàgon també de costat de 52,5 cm i un diàmetre lleugerament superior als 70 cm (4/12 de 210 cm). Les dues columnes arriben a les voltes havent transformat el quadrat i el pentàgon en el cercle. Unes altres columnes inferiors d'enllaç recullen grups de cinc, quatre o tres d'aquestes columnes quadrades o pentagonals per enllaçar-les cap a baix al nus o capitell de la columna inferior de la nau central o de la nau lateral. Aquestes columnes d'enllaç intermèdies tindran una planta superior que dependrà de la forma de la base de les columnes que recullen, secció que sempre es convertirà en un cercle a dins del nus o capitell inferior (figura 19).



FIGURA 18. Models de les quatre columnes.

La més senzilla d'aquestes columnes d'enllaç és la de la nau lateral, de 7,50 m d'alçària, que recull quatre columnes quadrades iguals de suport de voltes i cobertes (figures 20 i 21). La planta superior de la columna és, com és lògic, un rectangle, amb un dels quadrats a cada vèrtex. Les dimensions del quadrat són: 157,5 cm (9/12 parts de 210 cm) per 105 cm (6/12 parts de 210 cm). A mesura que la columna descendeix, el rectangle gira alhora 22,5° en sentit horari i anti-horari per convertir-se en un quadrat en el mig de la seva altura tot creant unes suggestives corbes. Posteriorment, en una altura del quart del total, el quadrat es convertirà en un octàgon seguint el mateix procediment del doble gir invers durant 11,25°: els costats del quadrat es retallaran fins a convertir-se en l'octàgon. Després, l'octàgon es convertirà en un polígon de setze costats i, aquest, en un de trenta-dos.

L'arbre complet d'aquestes columnes de la nau lateral parteix d'un cercle a la part inferior, que es converteix en un quadrat i després en un rectangle, el qual és el suport de quatre columnes quadrades que arribaran a la volta convertides en quasi un cercle. Totes aquestes transformacions es produeixen gràcies al mateix mecanisme de la intersecció de dos helicoides inversos.

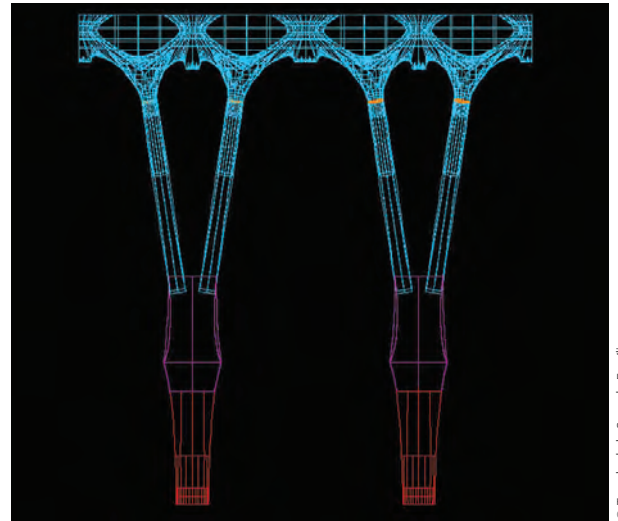


FIGURA 19. Columnes i voltes del damunt de la cantoria de la nau lateral (dibuix informàtic).

A la nau central, al creuer i a l'absis hi ha tres columnes més d'enllaç que connecten les columnes de suport de les voltes amb els nusos de les columnes inferiors del temple. Tenen les formes i plantes següents, depenent de la base de les columnes que suporten:

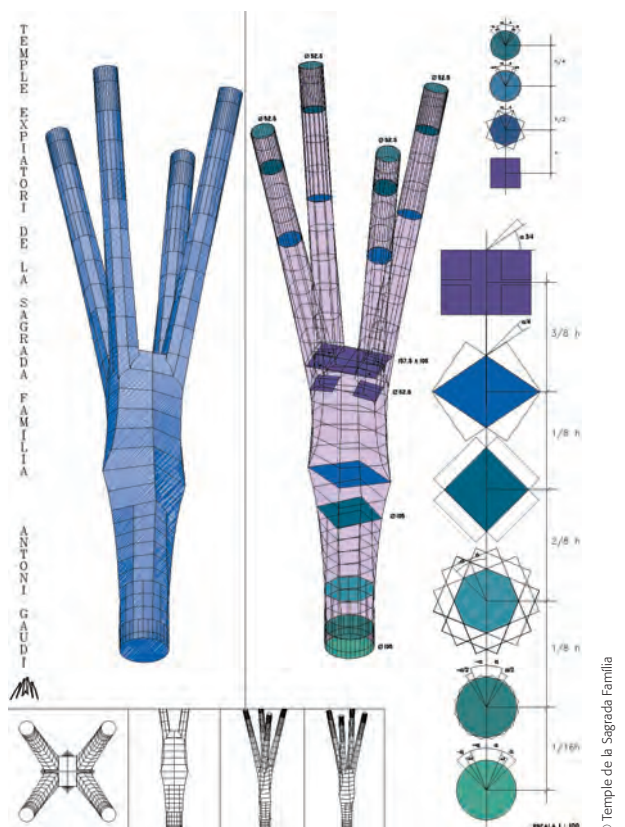
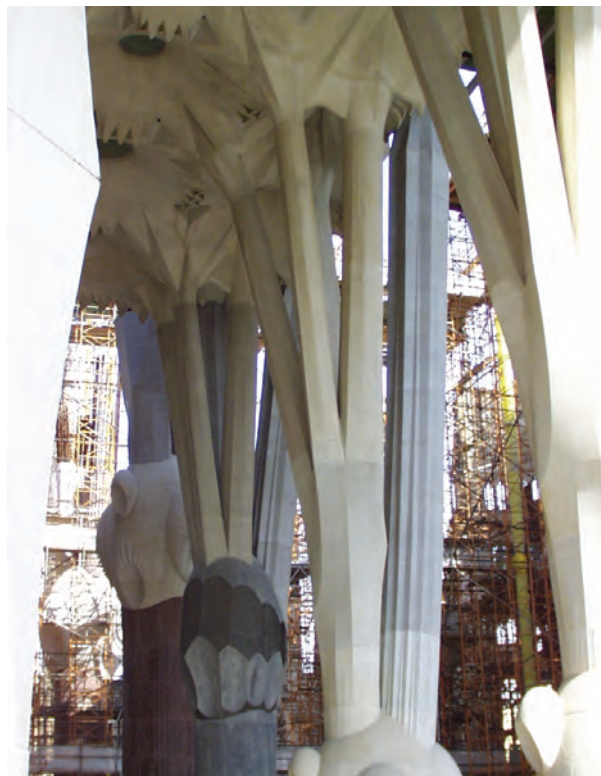


FIGURA 20. Columna d'enllaç de la nau lateral (del damunt de la cantoria): geometria.



© Temple de la Sagrada Família

FIGURA 21. Columna de la nau lateral del damunt de la cantoria.



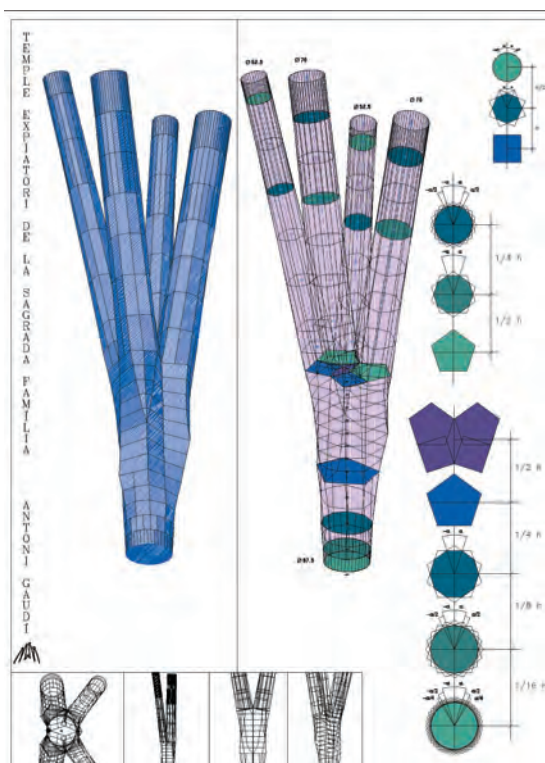
© Temple de la Sagrada Família

FIGURA 23. Columna d'enllaç de la columna de la nau central.

— Al damunt de les columnes de base octogonal parabòlica de la nau central, la planta superior de la columna és una macla de dues columnes quadrades i dues de pentagonals, que es transformen en un pentàgon al centre de

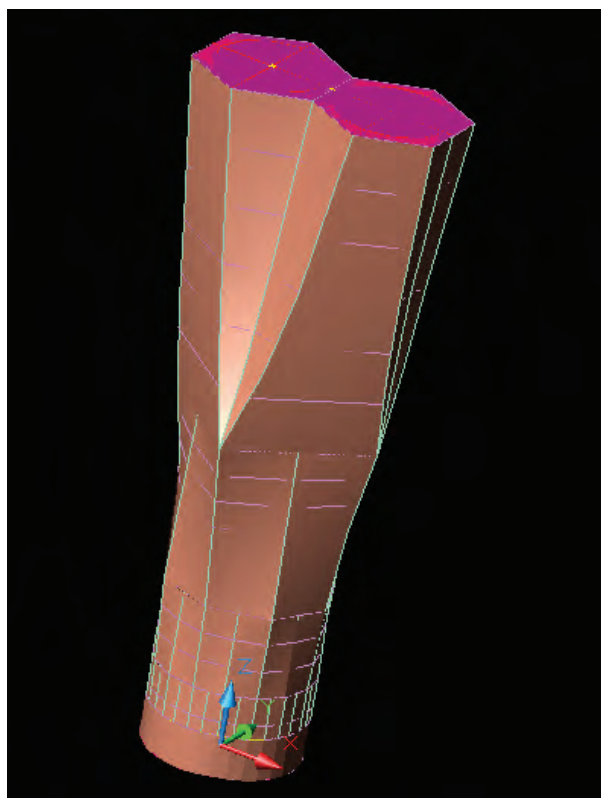
la columna i, després, en un decàgon, un polígon de vint costats i un altre de quaranta (figures 22 i 23).

— Al damunt del nus de les columnes centrals del creuer, la planta superior de la columna és la macla de dos



© Temple de la Sagrada Família

FIGURA 22. Columna d'enllaç de la columna de la nau central: geometria.



© Temple de la Sagrada Família

FIGURA 24. Columna d'enllaç del creuer (dibuix informàtic).

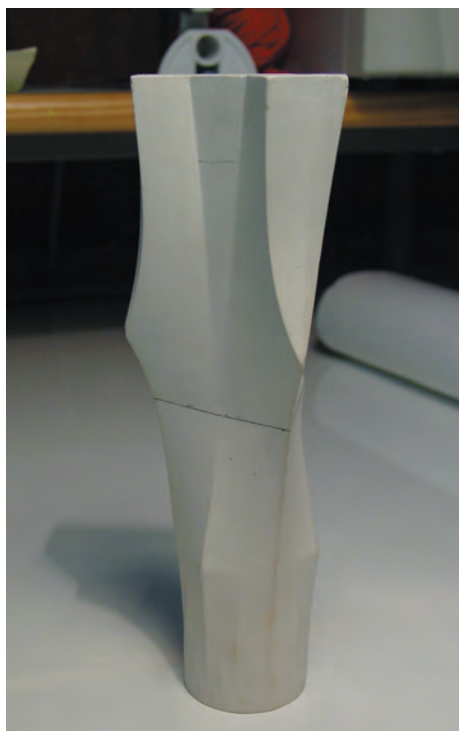


FIGURA 25. Columna d'enllaç de l'absis (model de guix).

hexàgons, que es transforma en un quadrat al centre de la columna i en un octàgon i uns polígons de setze i trenta-dos costats en la meitat inferior (figura 24).

— Al damunt de les columnes de l'absis, una macla de dos quadrats i un pentàgon es converteix en un triangle equilàter, després en un hexàgon, en un dodecàgon i en un polígon de vint-i-quatre costats, proper al cercle, amb el qual la columna entra en el capitell el·lipsoïdal inferior (figura 25).

La creativitat tridimensional geomètrica

A continuació sintetitzarem algunes de les característiques dels recursos d'exploració de l'espai que Gaudí utilitzà en les seves obres:

1. *Translació*: És el procés de repetir desplaçant, creant l'efecte sanefa, que Gaudí usa també especialment a Bellesguard, als arcs del col·legi de les Teresianes, el rosari d'esferes de pedra del parc Güell, etc.

2. *Simetrització*: És el procés d'emprar plans de simetria, generant objectes amb simetria especular. La façana de les cases Calvet i Batlló, l'escalinata d'accés al parc Güell, les plantes del Palau Episcopal d'Astorga, etc., són exemples de simetrització. Els dels seus estudis estereofuniculars usant fils, cadenes i càrregues per a obtenir (reflectida en un mirall) l'estructura buscada, corresponen a una interessant simetrització estructural.

Sèrie	12	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Intereix	90	75	67,5	60	52,5	45	37,5	30	22,5	15	7,5
Fracions	1	5/6	3/4	2/3	7/12	1/2	5/12	1/3	1/4	1/6	1/12
Σ	210	175	157,5	140	122,5	105	87,5	70	52,5	35	17,5
Diagrama											
Nomenclatura	Columna 12	Columna 10	Columna 9	Columna 8	Columna 7	Columna 6	Columna 5	Columna 4	Columna 3	Columna 2	Columna 1
	210	175	157,5	140	122,5	105	87,5	70	52,5	35	17,5
	6/6	5/6	4/6	3/6	2/6	1/6	0/6	0/6	0/6	0/6	0/6
	3	2	2	1	2	2	1	1	1	1	1
Altituds	180	150	135	120	105	90	75	60	45	30	15
El límits del nucli 8	360	300	270	240	210	180	150	120	90	60	30
El límits del nucli 10	450	375	337,5	300	262,5	225	187,5	150	112,5	75	37,5
El límits del nucli 12	540	450	405	360	315	270	225	180	135	90	45

FIGURA 26. Modulació de les dimensions del temple.

3. *Modulació*: L'ús de mòduls prefabricats al parc Güell, el sistema de proporcions a la Sagrada Família (1, 1/3, 1/4, 1/2, 3/4, 2/3, 1) (figura 26) o el reticulat a l'estructura de la Casa Milà, són exemples definitius del gust gaudinià per ordenar l'espai modulant (modulació que no és mai evident quan l'obra ja s'ha recobert i acabat).

4. *Moviment helicoidal*: Aquest principi combina de manera complexa rotacions al voltant d'un eix i translacions en la direcció de l'eix, i crea així un interessant moviment ver-



FIGURA 27. Pinacles de la façana de la Passió.

tical lligat a les hèlices cilíndriques, l'helicoides i les rampes helicoidals.

5. *Semblances helicoidals*: Consisteix a afegir al procés descrit anteriorment la possibilitat de fer homotècies, i crear un efecte propi de les hèlices en cons. Les xemeneies del Palau Güell o l'agulla del pavelló d'entrada al parc Güell en són bells exemples.

6. *Arrodoniment*: Correspon al procés de suavitzar angles i punxes afegint contorns suaus emprant paràboles, arcs de cercle, perfils sinusoïdals, etc. En un cas extrem tindríem la deformació topològica suau d'un cos. Trobem aquest efecte a l'entrada del parc Güell, a la façana de la Casa Milà, a la base de les columnes inferiors de les naus de la Sagrada Família, etc.

7. *Maclatge*: L'operació, complexa, d'intersecar diverses figures geomètriques culmina en l'obra gaudiniana a la Sagrada Família amb el maclatge de superfícies reglades, el·lipsoïdes, i, molt especialment, amb la creació dels pinacles dels campanars, fent maclatge de cubs i octaedres (figura 27).

8. *Buidatge*: Aquest procediment correspon a obtenir un cos espacial per substracció de determinades parts, i el trobem, per exemple, a l'arc de la porta principal del Palau Episcopal d'Astorga a Lleó, o quan amb un dit es crea un fris en la motllura de certes portes de la Casa Milà i es treu el material corresponent.

9. *Dissecció*: Aquest principi, de dissecar figures espacials (en especial superfícies) i aprofitar-ne tan sols una part, és usat per Gaudí molt selectivament, de manera que



FIGURA 28. Vista de les voltes de la nau principal.



FIGURA 29. Fotografia del model original de les voltes de la nau lateral.

de vegades es fa difícil descobrir el motlle de procedència. Per exemple, Gaudí usa magistralment parts de l'hiperboloide d'una fulla i del paraboloides hiperbòlic a la Sagrada Família.

10. *Fractalitat*: El principi natural de la fractalitat en el creixement de les branques dels arbres és aprofitat per Gaudí en el disseny de columnes de la Sagrada Família: el «tronc» dona pas a través dels «nusos» el·lipsoïdals a noves «columnes-branques». Una manera magistral de distribuir i transmetre les càrregues superiors (figura 28).

11. *Autosemblança*: Aquest és el principi d'usar alhora una mateixa forma amb mides molt diferents, a escales distants. Gaudí en fa un ús magistral quan a la Sagrada Família usa paraboloides hiperbòlics de grans dimensions per enllaçar els hiperboloides de les voltes i per resoldre les cobertes, alhora que usa models minúsculs de la mateixa superfície per a resoldre l'entrega de les columnes al terra i detalls de les voltes.

Superfícies reglades gaudinianes

Una de les grans aportacions de Gaudí a l'arquitectura moderna ha estat l'ús constructiu de les superfícies reglades. Moltes d'aquestes superfícies tenien una distingida història en l'àmbit geomètric, però fou precisament Gaudí el primer arquitecte que s'adonà de l'interès arquitectònic que algunes podien tenir.

Gaudí conegué les superfícies reglades en la seva època d'estudiant, especialment a través dels estudis de geometria descriptiva fets amb el text de Leroy.³ Més enllà de les corbes especials com les catenàries, les espirals, les sinusoides, les còniques, les corbes arrodonides i les formes poligonals, la gran creativitat gaudiniana es troba en l'ús de les superfícies reglades. En aquest camp, al marge dels cilindres, cons, helicoides i rampes helicoidals, voldríem destacar el cas de dues quàdriques reglades:

1. *Hiperboloides d'una fulla*: Aquestes notables superfícies estan formades per rectes que es recolzen entre dues el·lipses iguals i paral·leles i uneixen una col·lecció ben definida

3. C. F. A. LEROY, *Géométrie descriptive*, París, 1985.



FIGURA 30. Voltes de la nau central.

de punts corresponents entre les dues corbes. Aquestes superfícies tenen dues famílies de rectes generadores, unes en un sentit i les altres en sentit contrari, i representen un cas entre els cons el·líptics i els cilindres el·líptics.

El cas comú de revolució resulta també del gir d'una hipèrbola entorn de l'eix de simetria que no talla a la corba. Aquesta superfície reglada també és descriptible com el conjunt de rectes que es recolzen simultàniament en una terna de rectes que es creuen dos a dos, sense que cap parella estigui en el mateix pla i sense que totes siguin paral·leles a un mateix pla.

Fou una superfície introduïda per Gaudí en arquitectura després de descobrir que era una forma òptima com a campana. L'usà en columnes del Palau Güell i de la Casa Calvet i formant voltes o finestrals a la Sagrada Família, sempre lligada a la il·luminació del temple (figures 29 i 30).

2. *Paraboloides hiperbòlics*: El paraboloides hiperbòlic, una de les superfícies més importants i originals usades per Gaudí, és una superfície reglada formada per rectes que recolzen en dues rectes que es creuen a l'espai de manera ordenada, és a dir, establint-se una correspondència bijectiva entre els corresponents punts de recolzament. Cal notar que si es consideressin «totes» les possibles rectes recolzades en les dues directrius, aleshores obtindríem tot l'espai.

D'acord amb un teorema de J. Binet, donada qualsevol superfície S guerxa, reglada i no desenvolupable, i una recta r de S , aleshores la superfície formada per totes les rectes dels vectors normals a S al llarg de r és el paraboloides hiperbòlic, i aquesta superfície té, doncs, un paper rellevant en tota la geometria diferencial de superfícies reglades. Noteu que la superfície del producte $z = x \cdot y$ de nombres reals és un paraboloides hiperbòlic.

La primera obra en la qual Gaudí usa la forma del paraboloides hiperbòlic és el 1884 a la glorieta del Camp de les Figueres de la Finca Güell a les Corts de Sarrià: és una parella de paraboloides simètrics fets de maons i que suporten part del terra del mirador. En els acabats d'alguna xemeneia del Palau Güell s'aprecien també uns petits pa-

raboloides hiperbòlics. Unes primeres presències ja més importants les trobem en algunes parts del sostre de la cripta de la Colònia Güell, especialment a la zona del pòrtic, i a la coberta del pavelló de l'entrada al Parc Güell, forma que es troba decorada amb el trencadís multicolor. Serà, però, a la Sagrada Família on els paraboloides hiperbòlics tindran la seva culminació.

Un primer cas el trobem als finestrals laterals, on els paraboloides hiperbòlics s'acoblen a les sofisticades formes dels hiperboloides d'un full presents al voltant del centre el·líptic, formant part del finestral. Un segon cas es troba a les bases de les grans columnes del porxo de la façana de la Passió (figura 31), on creen una suau transició entre la planor del terra i l'inici de les columnes i a les columnes que suporten els finestrals de la nau central, on una combinació de paraboloides i mitjos paraboloides creen un passadís de perfil parabòlic (figura 32).

Al sostre de les naus laterals, els arbres de columnes són rematats per capitells hiperboloidals, i s'usen els paraboloides hiperbòlics com a solució per a suavitzar la intersecció dels hiperboloides d'un full de les lluernes, tot aprofitant restes dels hiperboloides implicats per a generatrius dels paraboloides hiperbòlics. A les mateixes voltes, petits paraboloides resolen magistralment la intersecció de dos hiperboloides i es converteixen en uns elements també decoratius amb color verd i daurat que formen angles de 90° i produeixen un efecte sorpre-



FIGURA 31. Base de les columnes del porxo de la façana de la Passió.



© Temple de la Sagrada Família

FIGURA 32. Passadís de columnes generades per paraboloides.

nent quan es veuen en conjunt (figura 33). Als nusos o capitells de les columnes de les naus, grups de paraboloides ressegueixen la intersecció de dos el·lipsoides (figura 34).

La culminació en l'ús dels paraboloides hiperbòlics es donarà a la coberta superior de les naus i sacristies, on les dimensions seran molt grans, així com també als campanars i al cimbori, on aquestes superfícies, que exteriorment mostraran la seva part còncava, arribaran a gran altura.

La tecnologia en el procés de disseny i construcció actuals

Els reptes estructurals que suposa resoldre el suport de les torres centrals del temple previstes per Gaudí amb un sistema de columnes arborescents, tenint també en compte les sol·licitacions previstes en les normatives sísmiques i de vent, impliquen trobar respostes arquitectòniques i estructurals adients a partir d'estudiar les enormes possibilitats de les formes gaudinianes d'aquest projecte. L'ús del CAD en tres dimensions (CADD 5 i Mechanical Desktop) permet assajar i visualitzar diferents solucions a partir dels models i dibuixos originals, abans de posar-les a prova en la maqueta de guix del conjunt, tot preveient ja en el dibuix els condicionants del procés constructiu posterior (figura 35). Els dibuixos de CAD en 3D es fan a l'oficina tècnica del temple, a la Universitat Politècnica de Catalunya i al Reial Institut de Tecnologia de Melbourne.



© Temple de la Sagrada Família

FIGURA 33. Conjunt de columnes i voltes de la nau central, generats per helicoides, hiperboloides i paraboloides.



© Temple de la Sagrada Família

FIGURA 34. Detall del nus de les columnes de la nau central, amb estrellats generats per paraboloides.



© Temple de la Sagrada Família

FIGURA 35. Dibuix de les voltes de la nau lateral i la cantoria.

Per a la determinació dels esforços en el càlcul estructural s'utilitzen models informàtics de barres i elements finits (ANSYS), que modelitzen la complexa realitat de la forma resistent.

Fèlix Cardellarch escriví en el mateix text esmentat abans: «Però, per a comprendre plenament en Gaudí, no n'hi ha prou amb veure-li les seves obres: s'ha de presenciar com les fa, i aleshores trobarem un deversall d'imaginació mecànica repartida en els menors detalls i procediments; veurem nous sistemes de motlluratge de pedres, noves formes de plantilles... i fins fórmules enginyoses aplicades als forats per a elevar els carreus... i fins i tot en l'apilament dels materials hi veurem el seu art i formes noves.»

Aquestes paraules defineixen Gaudí com un constructor complet, que s'ocupa de tots i cada un dels detalls del procés constructiu. Les seves propostes arquitectòniques el portaven sovint a idear mecanismes que en fessin possible la construcció. El projecte que creà per a la Sagrada Família reclama encara avui un esforç per trobar els sistemes constructius adequats, de manera que esdevé un laboratori de la construcció. S'hi apliquen formigons d'alta resistència, s'hi col·loquen prefabricats de formigó de grans dimensions, encofrats de gran magnitud de diferents materials



© Temple de la Sagrada Família

FIGURA 36. Encofrat mòbil per a la construcció d'un escala de cargol.



© Temple de la Sagrada Família

FIGURA 37. Trípod hidràulic per a la col·locació de peces.

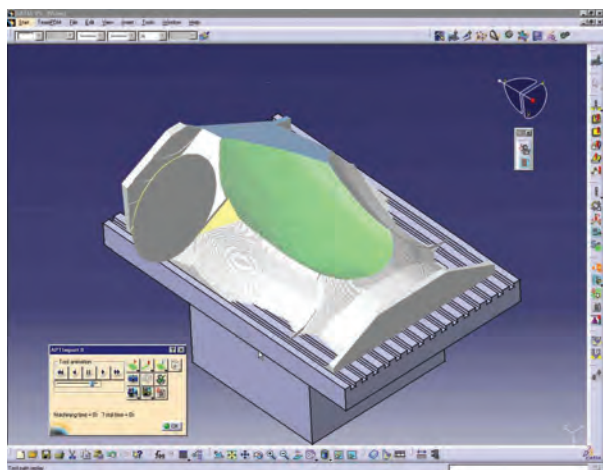


FIGURA 38. Simulació del tall d'un element de pedra.



FIGURA 40. Imatge del taller de modelistes de guix, amb models i maquetes de diferents escales.

(de polièster i fibra de vidre, de fusta en formes guexes, de guix, etc.), s'hi executen immensos models de guix a escala natural amb l'ajut de processos de mecanització informàtica, etc. La instal·lació de les bastides és com un projecte paral·lel que demana un esforç important per idear des de la mateixa obra mecanismes especials, com bastides mòbils adaptades a la construcció de columnes, trípodes hidràulics per a situar correctament gran peces a l'espai (figura 36), encofrats mòbils per a lloses d'amples escales de cargol que es desplacen en rails helicoidals (figura 37), etc.

La seva construcció desperta l'interès d'empreses de qualitat, que hi aporten l'experiència i els recursos, per exemple en el tall d'elements de pedra, el qual s'executa amb diferents sistemes, des de la utilització de sistemes de control numèric en el tall de les columnes de doble gir in-

vers, o el tall de pedra a partir de documents STL, fins a la completa mecanització en l'execució d'elements de pedra. En els últims mesos s'està produint en granit un nus de superfícies el·lipsoïdals de 3,60 m d'alçària gràcies a l'adaptació a la pedra del programa de mecanitzat de CATIA, pensat per a la indústria aeronàutica i l'enginyeria mecànica i metal·lúrgica, en una experiència que deu ser per ara única al món (figures 38 i 39). Les noves tecnologies conviuen amb el precís i hàbil treball artesanal dels modelistes de guix, dels picapedrers, dels executors del trencadís i dels paletes que construeixen voltes de maó de pla (figures 40 i 41). Les regles de les figures geomètriques que Gaudí adoptà per al projecte del temple (helicoides, paraboloides, hiperboloides, etc.) són, per a tots, la guia que orienta els seus sistemes de treball. ■



FIGURA 39. Execució d'un element de pedra amb un disc seguint un procés complet de mecanitzat.



FIGURA 41. Visió de les columnes i voltes de la nau principal.

MITES I REALITATS EN LES TENDÈNCIES DE LES TECNOLOGIES DE TELECOMUNICACIONS

Josep M. Selga

Doctor enginyer en telecomunicacions

Introducció

L'objecte d'aquest article és analitzar, sense tractar de ser exhaustius, l'evolució de les tecnologies de telecomunicacions i de les activitats que les suporten com ara l'evolució del procés estandarditzador i la publicació d'articles, per tractar de deduir-ne tendències.

Aquesta anàlisi permet fer algunes prediccions basades en el fet que el futur és un subconjunt d'allò que ara s'està investigant i estandarditzant, activitats que requereixen un gran esforç i un llarg temps.

La gran tecnificació de les telecomunicacions i la manera com es presenten han anat creant una sèrie de conceptes que, en ser traslladats a la societat, tendeixen a simplificar-se, a encarcerar-se i a mitificar-se.

La forma de presentació de l'article aprofita aquest fet formulant uns mites o creences més o menys estesos

per, a continuació, donar arguments i dades que permetin rebutjar-los, matisar-los o confirmar-los, segons escaigui.

Les bases de les tecnologies de telecomunicacions

Les telecomunicacions es fonamenten en unes tecnologies de base i en un procés d'estandardització. Com que la finalitat última de les telecomunicacions és la de comunicar potencialment tothom amb tothom, es fa evident que això pressuposa una sèrie d'acords entre totes les parts implicades que es tradueixen en unes normes o estàndards que són més útils com més gran és l'àmbit geogràfic que abracen.

Això indica que la necessitat d'estandardització i acord és consubstancial a les telecomunicacions, i no només per raons de mercat. Òbviament hi ha, a més a

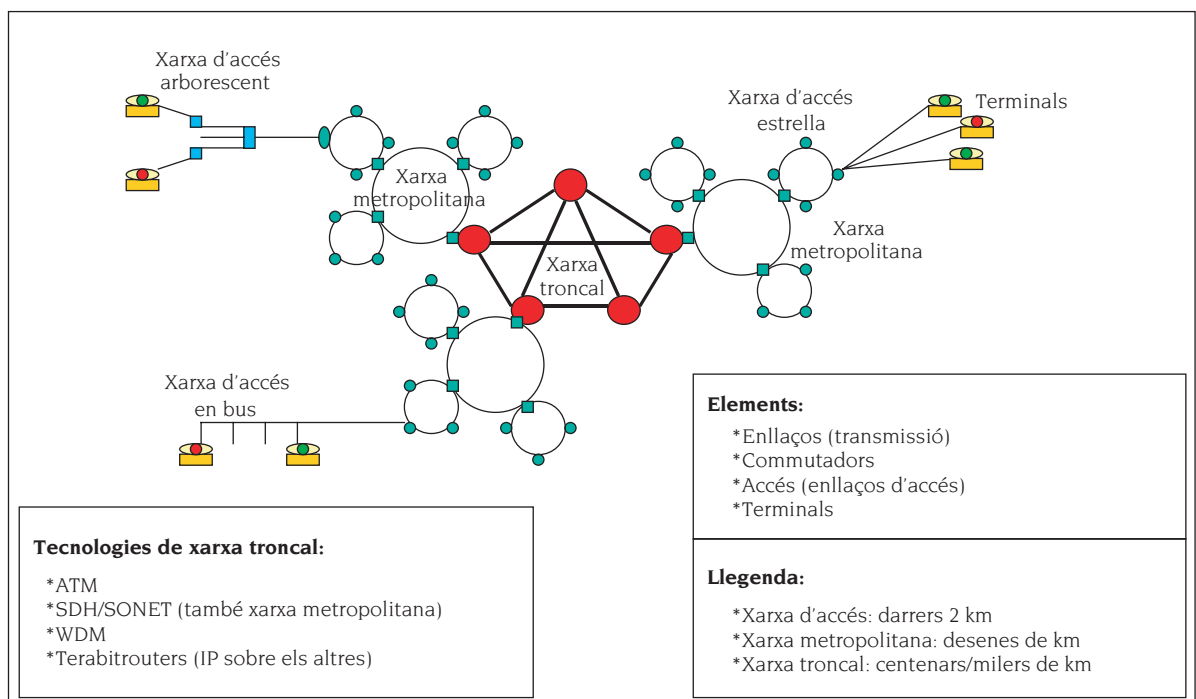


FIGURA 1. Estructura de les xarxes de telecomunicació.

més, unes tecnologies de base que permeten el fet físic de la telecomunicació.

El procés d'estandardització pren en compte les tecnologies de base així com els aspectes econòmics i de negoci.

L'estructura de les xarxes de telecomunicació

A continuació es presenta una estructura simplificada de les xarxes de telecomunicació per mostrar els elements que les conformen i establir una terminologia comuna. Després es determinaran quines tecnologies de base afecten cada tipus d'element.

La figura 1 mostra l'estructura d'una xarxa de telecomunicacions. S'hi pot veure l'estructura jeràrquica formada per una xarxa troncal que abraça un territori de centenars o milers de quilòmetres i que normalment té estructura mallada, unes xarxes metropolitanes que abracen distàncies de desenes de quilòmetres i unes xarxes d'accés que comuniquen els darrers 2 km, connectant amb l'usuari.

Quant als elements que la formen, la divisió clàssica en sistemes de transmissió (les línies de la figura 1: radioenllaços, fibres òptiques, etc.), commutació (els cercles de la figura 1: centraletes, encaminadors [routers], etc.), accés i elements terminals segueix sent vigent.

Les tecnologies dels sistemes de transmissió i d'accés es basen en l'electromagnetisme i, en especial, en la transmissió d'ones en el buit o sobre cables, ja siguin de coure o òptics. La generació i recepció d'aquestes ones necessita antenes, sistemes de ràdio terrestres o satel·litaris, sistemes òptics, cables de coure (coaxials o trenats), fibres òptiques, satèl·lits, etc. La integració a gran escala en silici és determinant.

Els sistemes de commutació i els terminals es basen en l'electrònica, els ordinadors, la integració en silici, el *software* i, recentment, en tecnologies òptiques.

Les tecnologies d'accés són sistemes de transmissió especialitzats en l'accés dels usuaris a les xarxes. Comuniquen l'«última milla» o darrers 2 km, que, d'altra banda, és la de més cost de tota la cadena del servei de les telecomunicacions.

Els terminals es basen en l'electrònica i els ordinadors i, per tant, en el silici, amb un important component de *software*.

Tots es basen també en teories matemàtiques complexes, en especial en la teoria del senyal, que defineix mètodes que permeten de digitalitzar, codificar, modular, filtrar, protegir, multiplexar, comprimir, sincronitzar, equalitzar, comparar, amplificar, atenuar, adaptar, etc., els senyals i cancel·lar-ne els ecos, i prendre les decisions més plausibles. També es basen en la simulació.

TAULA 1
Exemples d'estàndards en competència

Tecnologia	Veu sobre IP (VoIP)	Mobilitat (UMTS)	Mobilitat (xarxes locals ràdio) (Hiperlan)
Estàndard A	H.323 (ITU)	UMTS (ITU)	Hiperlan (ETSI)
Estàndard B	SIP (IETF)	CDMA2000 (EUA)	Wi-Fi (IEEE802.11)

Mite I. De la coordinació de l'estandardització

Mite I: Hi ha uns organismes estandarditzadors que van avançant bo i incorporant els darrers avenços tecnològics de manera coordinada.

En realitat, fa més de vint anys aquest potser hauria estat un model vàlid. Ara, però, els organismes d'estandardització competeixen i col·laboren en una relació complexa on cada organització representa només els interessos dels seus associats i estableix els lligams de col·laboració que creu convenients.

La competència s'estén fins i tot als estàndards produïts per una mateixa organització, que competeixen entre si pel mercat. Això fa que existeixin diferents estàndards per a cada tecnologia: d'ADSL (línia d'abonat digital asimètrica), de xarxes locals via ràdio, de qualitat de servei en xarxes, etc.

També s'esdevé que molts estàndards són incompatibles entre si: la xarxa local ràdio Hiperlan de l'ETSI (Institut Europeu de Normalització de les Telecomunicacions) és incompatible amb Wi-Fi (IEEE 802.11b), la xarxa d'àrea personal ràdio Bluetooth s'interfereix amb Wi-Fi, i H.323 (ITU, Unió Internacional de Telecomunicacions) i SIP (protocol d'inici de sessió) (IETF, Internet Engineering Task Force) competeixen pel mercat de VoIP (Veu sobre IP). D'altres simplement coexisteixen però no cooperen. Per exemple, UMTS (Sistema de Telecomunicació Mòbil Universal) i Wi-Fi coexisteixen perquè treballen en bandes de freqüència diferents però no cooperen, encara que això seria molt convenient.

A la taula 1 se sistematitza tot això. En aquest quadre és interessant observar que els estàndards d'una columna són internacionals amb base a Europa mentre que els de l'altra són també internacionals però amb base als EUA. Aquest esquema de competència entre aquestes dues àrees econòmiques és usual.

Hi ha organitzacions que depenen de les Nacions Unides (com ara la ITU), d'altres d'àmbit mundial i molt establertes (ISO, Organització Internacional de Normalització; IEC, Comissió Electrotècnica Internacional), d'àmbit «regional» (ETSI; CENELEC, Comitè Europeu de Normalització Electrotècnica; ANSI, Insitut Americà de Normalització Nacional) i d'àmbit nacional (normalment coordinades amb les d'àmbit regional).

A part d'aquesta estructura més o menys jeràrquica, base del mite esmentat, hi ha també organitzacions internacionals de molt prestigi com ara la IETF i l'IEEE (Institut d'Enginyers en Electricitat i Electrònica), que produeixen estàndards molt importants, i organitzacions, anomenades *forums*, que representen els interessats en una determinada tecnologia (ADSLForum, ATMForum, UMTSForum, PLCForum, etc.).

En la figura 2 s'han representat de manera simplificada tots aquests organismes d'estandardització i algunes de les relacions que mantenen.

Cal dir que encara que la situació actual en l'àmbit de la normalització presenta alguns inconvenients com el de crear confusió en el mercat, també té avantatges importants ja que esperona la competitivitat i fa que s'avanci més.

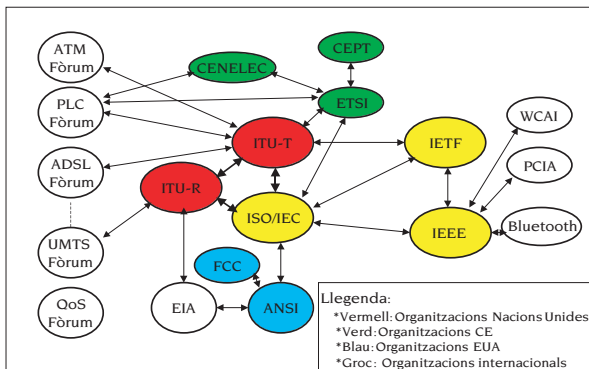


FIGURA 2. Organismes d'estandardització en telecomunicacions.

Un altre aspecte a remarcar és que permet l'entrada en el joc de l'estandardització a nombroses empreses que abans no podien participar-hi ja que era terreny exclusiu de les administracions i les grans empreses, i això és important perquè el procés d'estandardització és també un procés d'aprenentatge, i fins i tot, de màrqueting i de coneixement dels competidors. És, per tant, important per a totes les empreses, grans i petites.

La representativitat dins de cada organització presenta diverses formes, les que estan representades pel pes de cada país (CENELEC) o pel volum de facturació (ETSI) o per un vot per empresa (com alguns fòrums). A Europa, la radicalment diferent representació al CENELEC i a l'ETSI crea alguns problemes.

Mite II. De l'acceleració de l'estandardització

Mite II: El procés d'estandardització és cada vegada més ràpid. Les telecomunicacions cada vegada evolucionen més de pressa en la implantació de nous sistemes i serveis de més capacitat, que van substituint ràpidament els anteriors.

En realitat, la mateixa naturalesa d'acord dels estàndards fa que el procés sigui llarg i que tingui un ritme estable. Això es pot comprovar mirant què ha passat amb alguns estàndards rellevants, cosa que es fa a continuació.

Com a referència es prenen tres fites de cada estàndard, la data de la primera referència que fa menció de la tecnologia que esdevindrà estàndard, la data del primer estàndard dels diversos que poden conformar la tecnologia i, finalment, la data d'implantació comercial, data fàcilment determinable quan el servei el proveeix un operador i pràcticament impossible de determinar quan no és així (cas de tecnologies com Ethernet o el TCP/IP).

La taula 2 indica aquestes dates per a diferents tecnologies rellevants.

A partir d'aquest quadre es pot deduir que el temps des de la primera referència fins al primer estàndard oscil·la entre els dos i els deu anys, amb una mitjana de cinc anys, i que el temps transcorregut des de la primera referència fins a la implantació comercial varia entre els sis i els catorze anys amb una mitjana de deu anys.

Aquest lapse de temps tan important, que coincideix amb el temps que, en general, necessiten les tecnologies per madurar, és la base de la racionalitat d'aquest article i permet afirmar que el futur ja fa temps que s'està escrivint i que allò que ara s'estandarditza i investiga és part del que hi haurà en un futur. El problema és saber quin estàndard o quina tecnologia triomfarà.

També permet assegurar que els sistemes implantats sempre tenen un grau d'antiguitat tecnològica que és conseqüència de la durada del temps d'estandardització.

Un aspecte que val la pena remarcar és que el llarg procés d'estandardització és, possiblement, el factor que fa minvar la participació de moltes empreses petites i mitjanes, com ara les catalanes, ja que els fruits són llunyans i els costos alts, encara que els beneficis puguin ser importants.

TAULA 2
Temps típics de les tecnologies de telecomunicacions

Tecnologia	Primera referència	Primera norma	Inici d'implantació comercial
Mòbils 1G			1981 Suècia
			1985 Espanya
GSM	1982	1990	1992 Finlàndia
UMTS	1991	1999	2002 Europa
			2003 Espanya
CDMA2000	1991	1993	2001 Corea
XDSI	1978	1984	1989 Europa
			1992 Espanya
HDSL	1986	1989	1992
XDSL	1989	1992	1998 UK
			2000 Espanya
X.25	1972	1976	1986 Espanya
TCP/IP	1974	1984	
IPv6	1993	1995	
Ethernet 10	1973	1980	
Ethernet 100	1992	1995	

Mite III. La llei de Moore

Mite III: Cada 18 mesos es duplica la capacitat d'integració en un xip de silici (lleï de Moore).

La llei de Moore s'ha mantingut durant molts anys des que Gordon Moore, cofundador d'Intel, la va enunciar. Alguns especialistes consideren que es pot mantenir quinze anys més.

La tecnologia estàndard actual d'integració en xips de silici és de 300 nm (dimensió de l'element més petit enregistrable) i la tecnologia punta és de 130 nm (Motorola), i les previsions són que aquest mateix any ja es comencin a fer xips amb tecnologia de 90 nm i que el 2005 s'assoleixin els 65 nm, sempre amb tecnologia CMOS (semiconductor complementari d'òxid metàl·lic).

La tecnologia de silici finalment tindrà un límit (més endavant s'indiquen algunes dificultats actuals amb què topa) i per això ja s'estan desenvolupant tecnologies alternatives que permeten treballar fins i tot amb àtoms i molècules. Algunes d'aquestes tecnologies són les següents:

— Nanotubs de carboni: tubs de carboni d'1,4 nm de diàmetre. Al laboratori, IBM ja ha creat transistors basats en aquesta tecnologia i Samsung aquest any 2003 ja vendrà pantalles de televisor basades en nanotubs.

— Enginyeria molecular: HP investiga memòries moleculars i IBM circuits moleculars (2002).

— Espintrònica: un bit s'emmagatzema en l'espí de l'electró. S'estan ja preparant memòries RAM magnètiques, MRAM, no volàtils, basades en fenòmens macroscòpics de l'espí. La tecnologia ens promet l'electrònica quàntica basada en qubits o quantum bits.

— Fins i tot en el laboratori hi ha memòries micro-mecàniques (Projecte Nanodrive) d'altíssima densitat.

Per tal d'entendre millor aquestes dimensions tan petites de la tecnologia actual i la seva relació amb la dimensió dels elements del món real s'ha confeccionat la taula 3.

De la diferència entre la capacitat d'integració de la tecnologia actual i la dimensió dels àtoms es pot deduir que en teoria hi ha marge per tal que la llei de Moore segueixi la seva evolució durant quinze anys més.

TAULA 3
Comparació de dimensions d'elements artificials i del món real

Element del món real	Mida	Element artificial	Mida
Diàmetre d'un cabell	125.000 nm	Diàmetre d'una fibra òptica	125.000 nm
Glòbul roig	10.000 nm	Diàmetre nucli F. O. monomode	5.000-10.000 nm
Bacteri	1.000 nm		
Llargada d'ona de llum visible	400-700 nm		
Virus	100 nm	Tecnologia actual de silici	135 nm
Molècula proteínica	1 nm	Diàmetre nanotubs de carboni	1,4 nm
Àtom de silici	0,3 nm		
Àtom de carboni	0,2 nm		
Àtom d'hidrogen	0,1 nm		

Els problemes amb què es troba la tecnologia de silici i altres tecnologies, que ja s'estan manifestant actualment, són els següents:

— Cada cop és més difícil resoldre els problemes d'escalfament, retards, connectivitat i descàrregues electrostàtiques.

— Calen millors eines de disseny.

— Per avançar més ràpidament cal reutilitzar els dissenys preexistents:

- Descripcions en VHDL (llenguatge de descripció de *hardware* de molt gran integració).

- Agilitat en la gestió dels IPR (drets de propietat intel·lectual).

— Quan es reutilitzen els dissenys però a una escala més petita, apareixen problemes amb els ja esmentats retards, escalfament i connectivitat, que són de difícil automatització.

Aquests aspectes ja estan frenant en els últims anys l'aplicació dels possibles avenços de la llei de Moore. En el gràfic 1 es representa la tendència en el nombre de transistors en CPU d'Intel. S'hi pot veure que la duplicació es produeix cada 2,5 anys, no cada 18 mesos.

Per tant, les CPU d'Intel no aconsegueixen la llei de Moore, cosa que és reforçada per la SIA (Semiconductor Industry Association), que preveu que la densitat el 2016 serà de vint-i-cinc vegades la d'ara, que correspon a duplicar la densitat cada 2,7 anys.

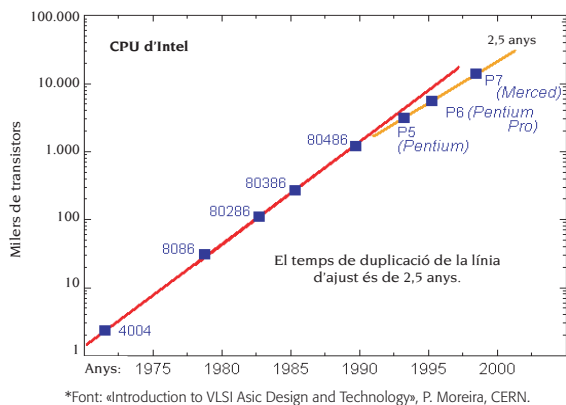
Finalment, és interessant indicar que la microelectrònica significa cada vegada un percentatge més alt del producte electrònic acabat (33 % en els terminals) i que, per tant, és un àmbit important.

Passa, però, que la inversió en producció microelectrònica (*foundries* o foses de silici) és més alta com més petita és la tecnologia i només es pot justificar si es fabriquen grans quantitats (molts milions) de xips. Per aquesta raó, a Espanya i a Catalunya no hi ha foses, encara que sí que tenim el CNM (Centre Nacional de Microelectrònica), que és un centre de disseny i consulta per a foses de microsistemes (sistemes a mida, prototips, estudis de viabilitat, sensors, etc.).

Una via possibilista, atesa la importància de la microelectrònica i la dificultat de tenir foses, és la de mantenir i estendre el coneixement de com dissenyar circuits microelectrònics, del *software* associat i dels mètodes i eines de disseny i arquitectura de circuits. No tot són foses. De fet, encara que moltes grans empreses de producció de xips com ara Intel, Philips, IBM, Samsung, Motorola, NEC, etc., tenen les seves pròpies foses, n'hi ha, com Siemens, que les comparteixen amb altres empreses (és el cas de Raza Foundries, ubicada al Silicon Valley). També cal tenir en compte que moltes d'aquestes foses estan obertes per produir els xips d'altres empreses.

Mite IV. De la descentralització d'Internet

Mite IV: Internet és una xarxa distribuïda, democràtica i no centralitzada en contrast amb les xarxes de telecomunicacions tradicionals.



GRÀFIC 1. Tendències en el nombre de transistors en CPU d'Intel.

Internet és una xarxa de xarxes amb una estructura jeràrquica que reflecteix el seu origen nord-americà (Projecte ARPA, Agència de Projectes de Recerca Avançada, del Departament de Defensa dels EUA, adjudicat originalment a les universitats americanes i a la NSF, Fundació Nacional per a la Ciència). La NSF va establir la primera xarxa Internet, que bàsicament unia universitats americanes. Després, aquesta xarxa que representa la màxima jerarquia a Internet (la coneguda com a *tier 1*, 'nivell 1') es va privatitzar i diverses companyies com ara MCI WorldCom, Sprint, AT&T i altres l'estan explotant i estenent. Qualsevol altra empresa del món, inclosos els operadors espanyols, han de connectar-se a aquesta xarxa de nivell 1 a través de només cinc punts d'accés anomenats NAP (punts d'accés a la xarxa), els primers dels quals estaven ubicats a les ciutats de San Francisco, Nova York, Washington, Chicago i Miami.

Els operadors que volen oferir serveis d'Internet estan estructurats en tres nivells més (els *tier 2*, 3 i 4). Els nivells 2 es connecten als NAP mencionats, i els nivells 3 i 4 als nivells 2.

Com que la xarxa evoluciona ràpidament, existeixen enllaços creuats entre els nivells 2, 3 i 4 de manera que l'estructura de la xarxa es va complicant i mallant, però mantenint la centralització sobre uns pocs punts ubicats

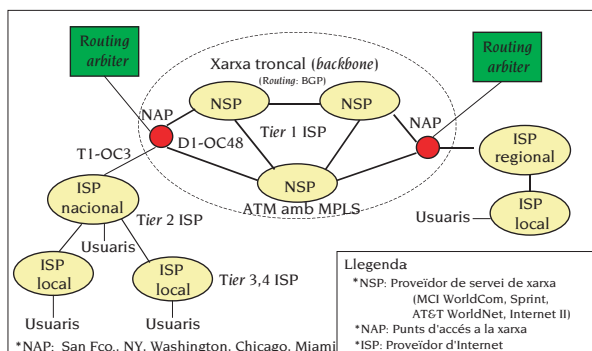


FIGURA 3. Estructura global de la xarxa Internet.

TAULA 4
Trànsit d'Internet per anys

Trànsit de la xarxa troncal (backbone)	
1990-1994	100 % anual
1995-1996	1.000 % anual
1997-2000	100 % anual
2002	0 % anual

als EUA. Tot això s'ha representat a la figura 3. A Europa, l'estructura és d'una gran centralització sobre Londres, París, Amsterdam i Frankfurt, des d'on s'enllaça amb el NAP de Nova York. Des de Madrid, i des de tot Amèrica del Sud, s'enllaça amb el NAP de Miami.

Les realitats d'Internet que avalen el mite són que segueix unes normes obertes a tothom (es troben gratis a Internet, <http://www.ietf.org>), que és d'accés fàcil i obert, que tot el que es pot fer en els extrems s'hi fa i que, a causa de tot això, constitueix un sistema barat, participatiu i obert a múltiples aplicacions i a la seva integració.

Mite V. Del creixement del trànsit d'Internet

Mite V: El trànsit d'Internet es duplica cada tres o quatre mesos (del web de l'ETSI, <http://www.etsi.org>, any 2003, i de Business Week, oct. 2000).

La realitat és, segons moltes fonts, que l'any 2002 el trànsit d'Internet no ha crescut gens i que d'altres anys encara que ha crescut molt no ha crescut tant com diuen l'ETSI i Business Week.

De la xerrada «Internet traffic growth: A gale or a hurricane» (<http://www.dtc.umn.edu/~odlyzko/talks/rhk.ppt>), feta per Andrew Odlyzko, d'ATTLabs, a la RHK StarTrax Conference (Palm Springs, Califòrnia, novembre de 2000), obtenim el quadre del trànsit d'Internet, detallat per anys, de la taula 4.

Possiblement, la dada donada per l'ETSI i Business Week es basa en el creixement del 1.000 % dels anys 1995 i 1996.

La realitat és que el creixement del trànsit varia molt i que la mitjana es pot considerar que està vora el 100 % anual, tal com es pot veure a la taula 4.

El fet que l'any 2002 no hagi augmentat ni als EUA, ni a Europa, ni a Espanya ni a Catalunya es pot argumentar per la crisi econòmica i de les empreses «punt com», efecte que amb tota seguretat serà passatger, de manera que podrà tornar a recuperar ràpidament el 100 % de creixement. Malgrat això, als EUA i a algunes àrees d'Europa on ja s'ha arribat a un 60 % de penetració d'Internet, la crisi de creixement pot tenir un component de saturació.

De tota manera, les noves aplicacions d'accés a Internet des de telèfons mòbils i les aplicacions d'entreteniment a casa (jocs, vídeo a la carta, etc.) permeten augurar la tornada al 100 % de creixement.

Mite VI. Del protocol IP

Mite VI: *Tot serà IP (protocol d'Internet).*

L'IP és només un format de missatges que es va dissenyar fa més de vint anys (versió 4, la més estesa) i es refereix només al nivell de xarxa dels set que componen tot sistema. Per tant, l'IP és només un petit detall de xarxa en una norma complexa.

Val a dir, però, que malgrat aquest relativisme de la importància de l'IP, és bo que les diferents normes tinguin alguna base en comú i l'IP pot ser una bona base per a moltes normes, no per a totes.

Un obstacle per a algunes aplicacions que empren missatges curts és la llargada de les capçaleres. L'IPv4 té un camp d'adreces de només 4 bytes (32bits) i la capçalera dels missatges és de 24 bytes.

El «nou» (és de l'any 1995) IPv6 té 16 bytes d'adreça, però malgrat els seus vuit anys d'existència no s'ha acabat d'imposar sobre l'IPv4 per la gran base ja implantada d'aquest darrer. Això fa que la realitat actual sigui una barreja d'aquests dos protocols IP, cosa que permet fer-se la pregunta següent: A quin IP ens referim quan diem que tot serà IP?

L'IPv6 resol el problema de les adreces però en genera un altre. A causa de la necessitat de transmetre les adreces d'origen i destí, les capçaleres són de 40 bytes, excessivament llargues per a determinades aplicacions.

Malgrat això, un sol sistema d'adreces de tots els elements a escala mundial sembla desitjable per a força aplicacions, encara que pugui implicar una pèrdua d'eficiència.

Així com l'IPv4 ha alentit la implantació de l'IPv6, les tecnologies no IP ja implantades per les empreses de telecomunicacions tradicionals han frenat i seguiran frenant l'avanç de l'IP en general.

Moltes inversions en telecomunicacions es van planificar per durar trenta anys i les empreses faran tot el possible per no amortitzar-les abans, cosa que òbviament frenarà l'IP.

El que apareix aquí és un conflicte entre els terminis d'amortització típics de les telecomunicacions, que són de trenta anys, amb els del món informàtic, que poden ser de només tres anys. Caldrà veure com es resol. Possiblement serà una situació intermèdia.

Un altre aspecte negatiu de l'IP és que fa difícil garantir la qualitat de servei (QoS), atesa la seva orientació essencial de xarxa de paquets de dades sense garanties explícites (*best effort*) en oposició al concepte de trucades amb camins preestablerts.

Mite VII. De la veu sobre protocol IP

Mite VII: *La telefonia serà tota VoIP (veu sobre IP).*

Aquest mite és una particularització del «tot IP» que permet il·lustrar-ho. Els operadors tradicionals no estan implantant la VoIP per la immensa base implantada de xarxes telefòniques tradicionals, en especial del tipus XDSI (xarxa digital de serveis integrats) que tenen.

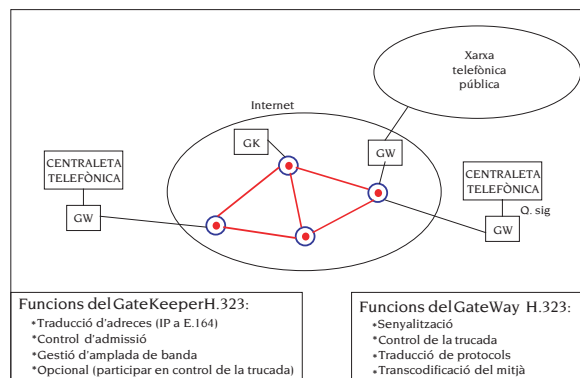


FIGURA 4. Un esquema d'una xarxa de veu sobre IP (VoIP).

La VoIP no és clara ni econòmicament ni tècnicament, malgrat que funciona. El cost dels terminals (telèfons IP) és alt, calen molts servidors especialitzats (*gatekeepers* i *gateways*), cal que la persona trucada tingui VoIP o un punt d'interconnexió amb la xarxa telefònica tradicional.

Per tal d'entendre més gràficament com és una xarxa de VoIP, a la figura 4 se'n representa una estructura típica.

Cal mencionar també que l'eficiència dels missatges és baixa ja que aquests són curts i les capçaleres IP llargues.

També té el problema de la multitud de normes. Així, per comprimir veu només la ITU té unes 14 normes (G.711, G.723, G.729, H.323, etc.)

També hi ha dos estàndards per a protocols de VoIP, són l'H.323 de la ITU i el SIP de la IETF. Torna a reproduir-se en l'àmbit de VoIP la tradicional competència entre normes internacionals d'òrbita americana i les d'òrbita europea que ja s'ha mencionat abans. De fet, les xarxes de VoIP actualment estan obligades a suportar els dos estàndards i a fer que coexisteixin.

Altres problemes són els retards de les xarxes IP, que són significatius per a una aplicació de temps real com ara la telefonia, que requereix uns temps de transmissió d'extrem a extrem inferiors a 300 ms i millor si poden ser de 150 ms. Això fa que les xarxes de VoIP hagin de planificar amb molta cura tot el tema de retards, cosa que implica controlar també l'estructura de la xarxa per evitar excessius salts entre nusos i, en molts casos, sobredimensionar els enllaços i els commutadors per tal de garantir-ne una utilització baixa.

Com a factor positiu de la VoIP, cal mencionar la possibilitat d'integrar serveis. Això vol dir que una sola xarxa podria suportar tant el trànsit de veu com el de dades i que, per tant, amb una sola xarxa n'hi hauria prou. És un argument econòmic de pes. Curiosament i malgrat això, la VoIP no ha tingut gaire acceptació a les xarxes d'empresa on teòricament seria més fàcil d'implantar.

Reflexions sobre la qualitat de servei a Internet

Ja s'ha mencionat que la QoS és un problema degut a la pròpia naturalesa d'Internet de xarxa de paquets gestionada de la millor manera pràctica però sense garanties explícites.

Aquesta dificultat es materialitza en l'esforç continu per generar normes de QoS per a Internet i en el fracàs, fins ara, de totes.

Les normes de QoS per a Internet són les següents:

— Any 1981: Gestió de les prioritats i de la ToS (*type of service*).

— Any 1995: *Stream protocol*.

— Any 1997: Protocol RSVP (*reservation protocol*).

— Any 2003: DiffServ, serveis diferenciats (en preparació).

El desenvolupament de cadascuna d'aquestes normes ha significat el fracàs de l'anterior. Caldrà veure què pas-sarà amb la DiffServ, ara en preparació.

La norma RSVP s'usa en algunes situacions, però molt poc.

La reflexió que cal fer aquí és si realment cal una norma de QoS per a Internet. Totes les normes anteriors impliquen complicar la xarxa, cosa que necessàriament es tradueix en menys capacitat i més cost dels commutadors. Té algun sentit fer això?

De fet, fins ara Internet s'ha basat que tot el que es pugui fer als extrems de la xarxa s'hi faci, cosa que és el mateix que dir que la xarxa internament ha de ser tan senzilla com sigui possible. Per això es pot considerar que moltes normes de QoS van contra la mateixa essència d'Internet, i per això la norma de serveis diferenciats, que ara està en preparació, intenta usar mecanismes senzills i autònoms que en conjunt permetin controlar la QoS de la xarxa complicant-la el mínim imprescindible.

Les dues tendències, la de complicar o sofisticar Internet i la de mantenir-la senzilla segueixen vives.

A l'extrem de la simplificació màxima se situa l'article «The end of the middle» de David S. Isenberg (*IEEE Spectrum*, vol. 40, núm. 1 [2003], p. 37-38). En aquest article s'afirma que la xarxa només ha de transportar bits del punt A al punt B, que no ha de ser específica de cap aplicació i que només mecanismes senzills i barats poden tenir èxit.

En canvi, el projecte europeu FAIN (*future active IP networks*) possiblement sigui una tendència nova en el sentit de sofisticar la xarxa.

A les conclusions es concretaran una mica més aquestes reflexions.

Mite i realitat: més mobilitat

La tendència cap a més mobilitat és un mite que coincideix amb la realitat. La mobilitat és molt ben rebuda pel mercat, i la tecnologia permet elements mòbils cada cop més capaços. Per tant, en els propers anys veurem una gran explosió d'encara més mobilitat. Més xarxes mòbils, més aplicacions mòbils i més terminals de tota mena mòbils i portàtils.

La base és la tecnologia cel·lular i els nous sistemes de modulació i codificació: OFDM (*orthogonal frequency division*

multiplexing), TDT (televisió digital terrestre), IEEE802.11, ETSI (Hiperlan2) i CDMA (accés múltiple per divisió de codi), UMTS i CDMA2000.

A les revistes especialitzades estan apareixent un gran nombre d'articles d'investigació sobre OFDM i CDMA, les tecnologies de la mobilitat.

La dificultat més important en aquesta tendència és la necessitat d'obrir més bandes de freqüència, un bé escàs, per a aquestes tecnologies. Una altra dificultat són les diferents assignacions de freqüències a diferents parts del món i, específicament, als EUA i a Europa.

També hi ha un conflicte entre els estàndards de les òrbites europea i americana: UMTS *versus* CDMA2000 (malgrat la iniciativa unificadora IMT2000 de la ITU) i IEEE802.11 *versus* ETSI Hiperlan 2. Fins i tot la norma IEEE802.11 pot limitar el mercat de l'UMTS.

Per tal de sistematitzar les normatives més rellevants de la mobilitat, se'n presenta una llista amb les principals característiques a la taula 5.

Cal centrar-se en l'UMTS perquè és la nova tecnologia mòbil prevista per a Europa. A Espanya, un acord entre el Ministeri de Ciència i Tecnologia i els quatre futurs operadors d'UMTS sembla que assegura que les proves començarien el 2003 i el servei el 2004. El problema és que l'any 2000 l'UMTS ja es considerava imminent, fins i tot en els àmbits tècnics, però es va produir un retard per problemes de producció, falta de convenciment i pels preus desorbitats pagats per les llicències a molts països. Aquest retard, que ara és ja de tres anys, ha permès l'aparició i el desenvolupament de la tecnologia de xarxes locals ràdio o WLAN, de les quals la més representativa és l'estàndard IEEE 802.11 o Wi-Fi. Aquesta tecnologia, que permet connectar l'ordinador portàtil via ràdio a una velocitat que va d'11 Mbit/s a 54 Mbit/s, s'està estenent ràpidament pels EUA i l'Àsia, i inexorablement s'implantarà a Europa. De fet, la implantació a Espanya en aeroports, hotels, etc., ja ha començat.

La tecnologia Wi-Fi, però, també té problemes. D'entrada, està formada per moltes versions, una de les quals, la versió 802.11b, fa servir la banda de 5 GHz, que als EUA és oberta però que a Espanya és d'ús militar. La tecnologia IEEE802.11a té menys problemes perquè s'usa a tot arreu per a aplicacions ISM (industrials, científiques i mèdiques).

Un altre problema de la tecnologia Wi-Fi és que, de moment, no preveu la itinerància (pas suau d'una cèl·lula a una altra), de manera que és més adequada per a zones especials i aïllades, com ara hotels i grans espais singulars, que no pas per cobrir tot el territori.

Finalment el gran repte que la tecnologia 802.11 presenta a l'UMTS és que s'anirà quedant més part del seu mercat de dades, cosa que permet assegurar que si l'UMTS es retarda més, cada cop tindrà més problemes de rendibilitat.

TAULA 5
Les normes de la mobilitat

Any	Estàndard	Tecnologia	Freqüència (MHz)	Aplicació	País
1970	AMPS (<i>advanced mobile phone service</i>)	Analògic/1G	850	Telefonia	EUA
	NMT	1 G/analògica	450	Telefonia	Suècia, Espanya
1980	GSM (ITU)	2 G		Telefonia 9600 bit/s	Europa
	DAMPS (<i>digital AMPS</i>)	Digital TDMA (accés múltiple per divisió de temps)	900		EUA
	GPRS (servei general de paquets de ràdio)	2,5 G/diversos canals GSM		40-60 Kbit/s	Europa
	PCS (<i>personal communications service</i>)	Digital	1900		TIA/EUA
	CDMA2000	3 G/CDMA		Veu i dades 144 Kbit/s (mínim) – 384 Kbit/s (caminant) 2 Mbit/s (quiet)	EUA
1997- 2000	UMTS (ITU)	3 G/IPv6/ WCDMA	1900	Veu i dades 144 Kbit/s (mínim) – 384Kbit/s (caminant) 2 Mbit/s (quiet)	Europa A Espanya el servei havia de començar el 2003
	IMT-2000 (ITU)	3 G			Convergència Europa-EUA
	I-mode			Dades	Japó
1999	IEEE802.11a	OFDM	2400	LAN ràdio 11 Mbit/s	Internacional/EUA
	IEEE802.11b (Wi-Fi)	OFDM DSSS CSMA/CD Wireless Ethernet	5000	LAN ràdio 11-22 Mbit/s (WLAN) 60 m d'abast	Internacional/EUA
2001	Hiperlan/2 (ETSI)	OFDM	2400 5000	54 Mbit/s QdS Eficiència	Europa
2002	IEEE802.15 (Bluetooth)		2400	1 Mbit/s 10 m d'abast (WPAN)	Internacional/EUA
2003	IEEE802.11g	Compatible amb 802.11b DSSS	5000	54 Mbit	Internacional/EUA

Tanmateix, el Wi-Fi difícilment desplaçarà l'UMTS, per les dificultats mencionades de freqüències i itinerància, encara que li anirà retallant el mercat.

Això dibuixa un escenari de coexistència de les dues tecnologies on la conveniència d'interfuncionament entre els dos sistemes pot produir nous estàndards, l'aparició de terminals híbrids o d'altres efectes.

Tendències

S'ha vist la tendència que té el trànsit d'Internet a duplicar-se cada dotze mesos. Però per veure quines són les tendències i problemes de les telecomunicacions actuals i tractar de preveure el futur cal analitzar altres tendències que permetin contestar preguntes crítiques com ara si les xarxes, encaminadors i enllaços podran suportar l'increment de trànsit que s'està produint o si l'evolució de l'accés domiciliari és l'adequada.

Per tal de respondre aquestes preguntes, en la taula 6 s'ha analitzat l'evolució d'algunes variables rellevants

com ara la velocitat d'accés domiciliari, la capacitat de commutació dels encaminadors, la capacitat de transmissió de la fibra òptica, la capacitat de transmissió de dades de les xarxes mòbils i la capacitat dels enllaços de la xarxa Internet troncal per veure a quina velocitat evolucionen, i deduir, tenint en compte a més a més els estudis actuals, quina serà l'evolució i els colls d'ampolla futurs.

La taula 6 no és exhaustiva en absolut, però permet definir unes tendències. Seria interessant que estudis més acurats poguessin seguir aquesta línia de recerca.

De les tendències de la taula 6 és clar que la dominant és que la capacitat de transmissió d'una sola fibra òptica s'està accelerant i que ara es duplica cada sis mesos, a part del fet que un cable pot tenir moltes fibres òptiques.

També queda clar que l'evolució de la capacitat d'accés domiciliari queda molt per sota de les altres evolucions.

Una altra tendència d'interès mencionada per diverses fonts és que la duplicació de la capacitat d'emmagatzematge en disc dur es produeix cada dotze mesos.

TAULA 6
Altres tendències

Any	Velocitat d'accés domiciliari econòmic (bit/s)	Capacitat de commutació d'encaminadors (Mbit/s)	Capacitat de la fibra òptica (Mbit/s)	Transmissió de dades mòbils (bit/s)
1985			2	
1990	9.600	1.000		
1994				
1995		12.000		
1997	56.000			9.600
2000		800.000		
2001			800.000	57.600
2003	256.000	5.000.000	8.000.000	386.000
Mesos per a la duplicació	42	11	9→6	15

En l'apartat de conclusions es desenvoluparan més conclusions basades en aquestes dades.

Línies de treball actuals

Les llistes següents remarquen les línies de treball més importants durant l'any 2002 i el que portem de l'any 2003 de la IETF, l'ETSI i l'IEEE. De la darrera, se n'analitzen tant l'activitat estandarditzadora com els articles de recerca en telecomunicacions apareguts a les revistes que publica. Aquestes llistes no intenten ser exhaustives, sinó només representatives i orientatives.

Línies de treball actuals de la IETF (2002-2003)

La IETF, com no podria ser d'altra manera, està centrada en l'evolució i millora d'Internet. Les seves activitats més rellevants actualment són les següents:

1. Millores dels protocols actuals d'Internet
 - Millores del TCP, SNMP/MIB, BGP, DHCPv4
2. Coexistència de l'IP amb altres sistemes
 - Interconnexió Internet altres sistemes (XDSI, ATM, Sonet, etc.)
3. Protocols per a aplicacions emergents

TAULA 7
Rànquing de tendències. Mesos per duplicar la capacitat

Capacitat de la fibra òptica	6 mesos
Capacitat de commutació d'encaminadors	11 mesos
Trànsit d'Internet	12 mesos
Capacitat d'emmagatzematge en disc dur	12 mesos
Transmissió de dades mòbils	15 mesos
Capacitat d'integració en silici	32 mesos
Velocitat d'accés domiciliari econòmic	42 mesos

- SIP (protocol d'inici de sessió) (VoIP, competidor d'H.323)
- TRIP (*telephony routing over IP*)
- Mobilitat IP
- Compensació de capçaleres
- IPv6
- RTP (protocol de transport en temps real)
- Difusió selectiva (*multicast*)
- SCTP (*stream control transmission protocol*)
- MGCP (*media gateway control protocol*)
- GMPLS+DiffServ (serveis diferenciats)
- IPsec (criptografia, autenticació, integritat, confidencialitat, control d'accés)
- GSMP (*general switch management protocol*)

Línies de treball actuals de l'IEEE (2002-2003)

L'IEEE ha centrat l'activitat estandarditzadora que porta a terme en les xarxes d'accés via ràdio (WLAN, Wi-Fi, WPAN, WMAN, etc.), en l'accés a les llars (última milla) i en l'evolució d'Ethernet, com ho demostren les activitats estandarditzadores de l'any 2002 resumides en la llista següent:

1. Mobilitat
 - Xarxes locals via ràdio. WLAN. Wi-Fi. (802.11) (*a*: 11 Mbit/s, 1999) (*b*: 2,4 GHz, 11-22 Mbit/s, 1999) (*g*: 54 Mbit/s)
 - Xarxes personals (WPAN) (802.15, Bluetooth)
 - Alta velocitat en autopistes (802.20) (250 km/h, 3,5GHz Hz, VoIP) (2004)
 - Xarxes metropolitanes via ràdio (WMAN) (10-66 GHz) (802.16)
 - Extensió per a aplicacions residencials (802.16a) (2-11 GHz)
2. Accés
 - *Ethernet in the First Mile*. Accés fix a les cases per parells de coure (G.SHDSL) (2700 m) i per F. O. (EPON) (802.3ah)
3. Xarxes locals fixes
 - Ethernet de 10 Gbit/s (802.3ae)
4. Xarxa Internet
 - API (interfície per a la programació d'aplicacions) per a xarxes (P1520) (connexió amb FAIN/IST, UPC)

Línies de recerca recents a revistes de l'IEEE

Els temes més investigats i rellevants d'acord amb els articles publicats a les revistes IEEE *Transactions on Communications*, IEEE *Communications Magazine*, IEEE *Computer Magazine*, IEEE *Transactions on Networking* i IEEE *Spectrum* durant el 2002 són els següents:

- Modulació OFDM (estimació del canal, sincronització)

- Espectre eixamplat. CDMA, combinació amb OFDM
- Codis Turbo
- PRMA (*packet reservation multiple access*, veu per a sistemes cel·lulars amb cèl·lules petites)
- Antenes intel·ligents per obtenir més amplada de banda i menys interrupcions
- Xarxes ràdio (mobilitat, eficiència, etc.). Xarxes AD-HOC
- Comunicacions caòtiques
- XDSL
- Comunicacions òptiques (conduïdes i directes) (DWDM, xarxes, encaminament, etc.)
- Integració IP/Òptica
- QoS en xarxes IP
- MPLS. Encaminament Multicast. Protocols de transport (per a imatges, millores TCP, etc.)
- Xarxes a la llar. *Gateway* unificat per a la llar

Clarament, la recerca està centrada en la mobilitat i les xarxes òptiques i, en menys mesura, en accés a les llars, xarxes a les llars, IP i QoS.

Línies de treball actuals de l'ETSI

L'ETSI treballa en quasi tots els àmbits de les telecomunicacions. Les seves activitats més rellevants són les següents:

- UMTS
- 3GPP (evolucions del GSM: GPRS, EDGE)
- VoIP
- IPCablecom (veu sobre IP per cable)
- XDSL
- PLC (*power line communications*)
- VPN (xarxa privada virtual)
- Hiperlan (competidor de Wi-Fi) més eficient i amb més QoS
- ATM (mode de transferència asíncrona)
- DTM (*dynamic synchronous transfer mode*)
- EMC (*electromagnetic compatibility*)
- Cases i edificis intel·ligents (ho porta més aviat el CENELEC)
- TDT (televisió digital terrestre)

Conclusions

Les línies de recerca i d'estandardització actuals estan molt centrades en tres aspectes:

1. la mobilitat;
2. Internet;
3. les xarxes òptiques, i en menys mesura, en l'accés i xarxes a les llars.

L'article analitza també les tendències en capacitat de les tecnologies clau, que es resumeixen en la taula 7.

En la taula 7 queda clar que la tendència tecnològica dominant és la millora de la capacitat de transmissió d'una

sola fibra òptica, que s'està accelerant i que ara es duplica cada sis mesos, i això a part del fet que un cable pot tenir moltes fibres òptiques. La investigació en DWDM, elements *sub-wave length*, connectivitat optoelectrònica, indiquen que les comunicacions òptiques seguiran amb millores continuades.

La capacitat dels encaminadors segueix l'evolució del trànsit d'Internet molt ajustadament, però no pot amb l'evolució de la capacitat de les fibres. La capacitat d'integració en silici no és suficient per a l'evolució prevista dels encaminadors de la xarxa troncal. La commutació directament òptica pot resoldre el problema en els encaminadors de la xarxa troncal emprant tecnologies com l'IPoDWDM, que poden permetre un nou salt endavant en capacitat.

La gran capacitat de transmissió, excés i tot, permetrà una centralització encara més gran d'aplicacions i servidors de tota mena dins de cada domini o empresa per raons d'economia i control i de més oferta de serveis.

La velocitat d'accés domiciliari no evoluciona prou bé i la d'accés via mòbils, tampoc, tot i que és millor.

L'evolució d'aquesta xarxa sembla completament necessària i les opcions són l'accés òptic amb tecnologies com l'EPON (*Ethernet passive optical network*) o l'accés via WLAN (*wireless LAN*) en la seva variant Wi-Fi (IEEE802.11a, b, etc.) o d'altres. Per capacitat, la primera sembla més adequada, però la gran inversió necessària, el temps que cal per desplegar-la i la gran acceptació de la mobilitat per part del mercat fan pensar en un futur híbrid on moltes xarxes seran WLAN prop de l'usuari amb una connexió de les cèl·lules WLAN a fibra òptica (inicialment a XDSL o cable).

Això indica que la definició d'arquitectures d'interfuncionament i d'interconnexió entre la xarxa òptica i la de distribució de ràdio és un element essencial per dissenyar xarxes reals.

El coure seguirà evolucionant tecnològicament, com ho suggereix l'activitat investigadora, però té un sostre que s'assolirà en pocs anys. El cable es pot trobar en una pinça de tecnologies.

La dificultat per renovar la xarxa d'accés, la mateixa demanda, i l'evolució favorable de la capacitat d'emmagatzematge en disc dur faran que s'estenguin els concentradors/passarel·les domòtics amb emmagatzematge *local* i les xarxes a la llar. Permetran aplicacions d'entreteniment a les cases. Si és possible fer-ho sense cablejar (WLAN, PLC), s'estendrà ràpidament, encara que limitadament.

Quan la xarxa d'accés arribi a ser majoritàriament òptica, la capacitat de transmissió de la fibra farà possible un escenari on serà més econòmic anar a buscar les dades quan es necessitin, inclosos els continguts «pesants» com les pel·lícules. El problema és que aquest escenari tardarà encara uns quants anys.

La capacitat d'integració en silici sembla insuficient, però probablement serà suficient per als terminals i la perifèria de la xarxa. Les noves tecnologies de miniaturització (nanotubs, enginyeria molecular, espintrònica, memòries micromecàniques) poden accelerar el procés en el futur. Encara que el silici està guanyant terreny en el cost dels

terminals i perifèria en general, en aquest àmbit el *software* seguirà sent dominant i font d'oportunitats.

La gran recerca en temes de mobilitat garanteix una millora clara de la capacitat en la mobilitat a tot arreu, en cotxe, a casa, al carrer. Els treballs en OFDM, CDMA, Turbo Codes i antenes intel·ligents ho indiquen.

El retard en l'UMTS ha deixat temps per al naixement de tecnologies com les WLAN (Wi-Fi, IEEE802.11) de gran èxit als EUA i a l'Àsia.

Les aplicacions més centrades en l'ordinador portàtil i en la necessitat d'amplades de banda considerables utilitzaran preferentment les tecnologies WLAN, fet que restarà capacitat a l'UMTS. Els problemes d'escassetat de bandes de freqüència i de falta de capacitat d'itinerància limitaran de moment l'extensió de les WLAN a Europa.

El tema de la itinerància, però, es pot resoldre amb un nou estàndard o millorant els actuals, cosa que probablement es farà realitat. El problema de les freqüències es pot resoldre fent cèl·lules més petites i obrint noves bandes de freqüència més altes.

La dada que la capacitat d'accés des de mòbils es duplica cada quinze mesos s'ha obtingut a partir del fet que l'UMTS permet 386 Kbit/s en situació de moviment. La relativa dificultat per seguir el trànsit que es generarà la pot solucionar el Wi-Fi (IEEE802.11), que permet 11 Mbit/s, 22 Mbit/s o fins i tot 54 Mbit/s, però compartits.

Cal concloure que si l'UMTS es retarda més pot tenir problemes que poden arribar a ser crítics per al negoci. La predicció és que el futur mòbil no serà tan senzill i monogràfic com tothom creia. La coordinació WLAN/UMTS serà necessària.

Apareixeran múltiples dispositius, amb capacitat d'interconnexió, per cobrir diverses aplicacions que seran possibles per la gran capacitat en mobilitat, i les tecnologies de compressió i tractament de la veu tindran un important impacte en els serveis.

El paradigma de les telecomunicacions del nostre temps, *Internet*, és una xarxa de xarxes originada en un projecte del Departament de Defensa dels EUA amb una estructura jeràrquica de quatre nivells tal que, per accedir a la primera jerarquia, cal connectar-se a uns quants punts d'accés (NAP), tots ubicats als EUA.

Internet és la xarxa de telecomunicacions el trànsit de la qual creix més de pressa. Aquest creixement varia molt segons l'any considerat. Encara que l'any 2002 no ha crescut es pot suposar que el creixement tornarà a ser del 100 % anual (mitjana durant deu anys) gràcies a les noves aplicacions d'accés a Internet des de telèfons mòbils i les aplicacions d'entreteniment a casa (jocs, vídeo a la carta, etc.) i d'altres.

Diverses iniciatives, incloent-hi algunes propostes d'estàndards per a QoS, van contra la mateixa essència d'Internet, la seva senzillesa. Només mecanismes senzills i efectius poden tenir èxit a l'interior de la xarxa i aquesta s'ha de limitar a transportar bits sense ser específica de

cap aplicació. La increïble evolució de la capacitat dels sistemes òptics ho fa encara més necessari i possible.

La necessitat de QoS és especialment important en un entorn on la demanda excedeix l'oferta, que no és l'actual encara que pot tenir algun sentit en l'accés.

Malgrat el creixement d'Internet, les tecnologies ja implantades seguiran desenvolupant-se, encara que només sigui pel grau d'inversió existent, adaptant-se si escau a l'entorn IP. Pel que fa a això, només cal recordar com els mòdems tradicionals s'han adaptat a diferents entorns quan als anys vuitanta molts en cantaven la mort a mans de l'XDSI. En altres casos, senzillament, el protocol IP no serà la solució, per la mateixa naturalesa del protocol IP i de la xarxa Internet. En qualsevol cas, és bo que hi hagi una base comuna per a moltes tecnologies.

La VoIP està rebent molta atenció. Evolucionarà positivament però no ho substituirà tot.

Apareix aquí un conflicte entre els terminis d'amortització de telecomunicacions, que són típicament de trenta anys, i els del món informàtic, que poden ser de només tres anys. Possiblement caldrà considerar terminis d'amortització per a cada element de la xarxa amb una gran dispersió de valors.

L'estandardització és un procés consubstancial a les telecomunicacions. Els organismes d'estandardització competeixen i col·laboren en una relació complexa; fins i tot els estàndards produïts per una mateixa organització competeixen entre si pel mercat. L'estandardització amb base als EUA competeix molt sovint amb la de base europea.

El procés de desenvolupament tecnològic i d'estandardització implica un retard mitjà de cinc anys en la definició de sistemes de telecomunicació (aparició del primer estàndard) i de deu anys en la seva implantació. De les tecnologies desenvolupades i estandarditzades, finalment se n'implanta un subconjunt que depèn del mercat i de condicionants geopolítics. ■

Bibliografia

- «El proyecto nanodrive». *Investigación y Ciencia* (2003).
- «Special issue on Internet technology and convergence of communications services». *Proceedings of the IEEE*, vol. 90, núm. 9 (setembre 2002).
- AWSCHALOM, D. [et al.]. «Espintrónica». *Investigación y Ciencia*, núm. 311 (agost 2002).
- BING, B.; NEE, R. van; HAYES, V. «Wireless local area and home networks». *IEEE Communications Magazine*, vol. 39, núm. 11 (novembre 2001).
- BOIVIE, R.; FELDMAN, N.; METZ, C. «Small group multicast: A new solution for multicasting on the Internet». *IEEE Internet Computing*, vol. 4, núm. 3 (maig/juny 2000), p. 75-79.

- GEPPERT, L. «The amazing invisible transistor act». *IEEE Spectrum*, vol. 39, núm. 10 (octubre 2002), p. 28-33.
- HUBER, J. F. «Toward the mobile Internet». *Computer*, vol. 35, núm. 10 (octubre 2002), p. 100-102.
- KAISER, S. «OFDM code division multiplexing in fading channels». *IEEE Transactions on Communications*, vol. 50, núm. 8 (agost 2002), p. 1266-1273.
- ODLYZKO, Andrew. «Internet traffic growth: A gale or a hurricane» [en línia]. <<http://www.dtc.umn.edu/~odlyzko/talks/rhk.ppt>>
- Revista de Telecomunicaciones de Alcatel* (2001).
- VITERBI, A. «Spread spectrum communications: myths and realities». *IEEE Communications Magazine*, vol. 17, núm. 3 (maig 1979), p. 11-18.
- WALICH, Paul «Digital Hubbub». *IEEE Spectrum*, vol. 39, núm. 7 (juliol 2002).
- WORLD, L. «End-to-End Internet: IETF looks at wireless». *IEEE Internet Computing*, vol. 4, núm. 3 (maig/juny 2000), p. 80-81.
- Adreces d'Internet
- European Telecommunications Standards Institute
<http://www.etsi.org>
- IEEE Spectrum. 2003 IEEE Technology Survey
<http://www.spectrum.ieee.org>
- Institute of Electrical and Electronics Engineers
<http://www.ieee.org>
- Internet Engineering Task Force
<http://www.ietf.org>

CANVI CLIMÀTIC: EVOLUCIÓ DELS RECURSOS TECNOLÒGICS APLICATS EN LA SEVA RECERCA

Mariano Barriendos

Departament d'Astronomia i Meteorologia. Universitat de Barcelona

Introducció

Els comportaments canviants del clima han estat una preocupació constant per a l'home. El desenvolupament de les civilitzacions ha permès controlar una bona quantitat de processos naturals per a profit propi, però en el cas del clima els comportaments irregulars de variables com ara la temperatura i la precipitació fan que s'estableixi un diàleg no sempre fàcil.

La disponibilitat creixent de mitjans tecnològics ha fet que la societat humana arribi a explotar els recursos naturals amb una gran eficiència. Però les seves activitats estan trobant en el clima dos problemes. D'una banda, les activitats en continu creixement fan que se superin els llindars allà on els recursos naturals són aprofitables i poden esdevenir un risc per a la mateixa societat. És a dir, es generen situacions de vulnerabilitat davant les manifestacions extremes d'algunes variables atmosfèriques, que esdevenen riscos climàtics amb efectes catastròfics. D'altra banda, determinades activitats humanes han repercutit en l'atmosfera, arribant a alterar-ne la composició química d'una manera artificial. Les necessitats energètiques han provocat unes emissions de gasos d'efecte d'hivernacle que han convertit l'home en un factor més dins el sistema climàtic.

Davant aquest context, l'interès social per aspectes climàtics com el canvi global o els riscos climàtics és evident. Des de la ciència i la tecnologia cal emprendre la recerca sobre les incerteses, però també és important fer arribar a la societat les respostes a les preguntes suscitades. L'objectiu del present treball va en aquesta línia, descrivint alguns dels conceptes i tècniques propis de l'estudi de la variabilitat climàtica, posant un especial èmfasi en el plantejament d'una perspectiva temporal prou àmplia com per a relativitzar o posar cada comportament climàtic en la seva justa ubicació pel que fa les respectives magnituds i durades. Les tècniques de mesura i de reconstrucció climàtiques també tindran una àmplia acollida. El seu desenvolupament és una prova de la preocupació humana pel clima, havent esmerçat recursos de tota mena dirigits a la millora del co-

neixement dels processos atmosfèrics a diferents escales espaciotemporals.

Cicles, variacions naturals i canvis del clima

El comportament del clima en la seva evolució temporal és la manifestació d'una complexa interacció de processos, fenòmens i agents causals. La principal característica del seu resultat, la variabilitat climàtica natural, és que es manifesta amb diferents patrons temporals a diferents escales, de tal manera que un patró de variabilitat pot tenir en el seu interior comportaments de més curta durada amb característiques fins i tot oposades a les del patró de més llarga durada. Això complica molt l'anàlisi del comportament climàtic i obliga a fer recerques pluridisciplinàries en uns ventalls de temps tan amplis que sovint fan feixuga i lenta la mateixa recerca.

Un comportament regular, cíclic, i per tant previsible, només es troba pel que fa a les variables climàtiques en l'alternança de les eres glacials i interglacials. El nivell actual de la recerca no permet afirmar l'existència d'altres cicles. De tota manera, disposar de certa previsible dels comportaments climàtics d'escala quasi-geològica és un fet d'escassa utilitat per a les problemàtiques actuals de l'home. Sabem que som a la darrera d'un interglacial i que geològicament ben aviat, d'aquí a uns dos mil anys, començarà una nova era glacial. Evidentment, el que interessa ara per ara es poder gestionar els recursos naturals, especialment els hídrics, precisament per a permetre que la societat i el màxim possible d'habitants amb un bon nivell de vida arribin d'ací a dos mil anys a gaudir o patir d'aquesta nova era climàtica.

Però el sistema climàtic és suficientment complex per a oferir-nos tot un ventall de comportaments irregulars, imprevisibles, que es defineixen en conjunt com a variabilitat climàtica natural. Aquesta variabilitat, pròpia del sistema climàtic, consisteix en una alternança aleatòria del comportament de les variables atmosfèriques sense una tendència definida o prolongada en el temps. Quan es produeix una tendència en algunes variables i s'arriba a una nova situació climàtica diferent a

l'anterior i perdurable en el temps, llavors sí que es pot considerar, ja que es produeix un canvi climàtic. En aquest sentit, la successió d'eres glacials i interglacials són canvis climàtics naturals, d'una magnitud molt important i amb efectes irreversibles en diferents ecosistemes.

Comportament natural del clima

Les recerques iniciades fins ara mostren un comportament climàtic regular, cíclic i previsible només a escala de la successió d'eres glacials i interglacials, d'uns cent mil i vint mil anys de durada respectivament. En canvi, a escales de temps més properes a l'home, la variabilitat presenta diferents tipus de fluctuacions de diferent abast temporal. Bàsicament, hi ha un comportament basat en períodes climàtics, de dos mil a quatre mil anys de durada, dintre dels quals es produeixen episodis d'uns cinc-cents anys de durada. Tots tenen dos patrons de comportament semblants: fases de temperatures elevades amb precipitacions relativament abundoses però almenys sempre regulars, i fases de temperatures baixes i un règim de precipitacions irregulars. En canvi, la seva successió encara no té unes explicacions conegudes.

Descriure'ls detalladament és la matèria pròpia dels manuals de paleoclimatologia (Grove, 1988; Bradley & Jones, 1992; Bradley, 1999), en els quals es poden trobar contextos climàtics on l'home ha pogut trobar condicions ambientals més o menys favorables per a desenvolupar-se com a col·lectiu social. Per exemple, un període climàtic càlid i de pluges regulars, l'Atlàntic, afavorí molt probablement el desenvolupament de l'agricultura. A una escala temporal inferior, l'episodi climàtic medieval, de característiques semblants, permeté la colonització de Groenlàndia i un gran desenvolupament econòmic i demogràfic a Europa, malgrat les limitacions tecnològiques i sanitàries de l'Europa medieval.

Però també hi ha exemples de comportaments climàtics menys favorables. Entre els segles XIV i XIX, l'anomenada *miniglaciació* va fer baixar les temperatures mitjanes al planeta entre 1 °C i 2 °C i donà un comportament de les precipitacions on la regularitat donava pas a unes freqüents i problemàtiques sequeres i maltempsades, a més de fortes onades de fred. Com a conseqüència, l'obtenció de collites suficients per a les necessitats primordials esdevenia una preocupació per a la població i les autoritats. Determinades comunitats establertes en zones de muntanya o en altes latituds, com les groenlandeses, experimentaren crisis de subsistència irreversibles.

El clima actual, que considerem com a clima «normal», però que no és més que el clima que ens ha tocat viure, temporalment està sortint de la darrera miniglaciació i hom entén que assolirà unes temperatures d'1 °C o 2 °C més altes que durant els darrers quatre-cents anys amb una tendència també a assolir precipitacions més regulars. Però les suposicions resten limitades per la manca d'un coneixement ferm sobre l'episodi climàtic que només fa de cent vint a

cent quaranta anys que ha començat i, el més important, no sabem quines característiques assolirà, tenint en compte que és el primer episodi climàtic en el qual l'home està intervenint substancialment com a nou factor climàtic.

La intervenció de l'home en el clima

La intervenció de l'home com a ésser social ha introduït un nou tipus de canvi climàtic, produït per l'alteració de la composició de l'atmosfera a partir de l'emissió de gasos d'efecte d'hivernacle. Els avenços tecnològics i la seva extensió a bona part de les societats i indrets geogràfics del planeta fan que aquesta circumstància nova dins el sistema climàtic requereixi la màxima atenció per part del mateix causant: l'home. La magnitud de la intervenció humana encara és quantitativament modesta, d'aproximadament unes dècimes de grau (°C) en les temperatures mitjanes del planeta. Però el fet de tractar-se d'un factor nou que s'ha introduït recentment en el sistema climàtic és probablement l'aspecte sobre el qual cal tenir més precaucions per diferents motius: es desconeixen els resultats que poden derivar d'aquesta intervenció, atesa l'evident manca de referents previs. En conseqüència, no es coneixen els processos climàtics que poden resultar afectats ni els mecanismes de resposta que el sistema pot emprendre.

Davant tanta incertesa, calen actituds actives. En la vessant social, cal fer tot el possible per a no agreujar la ja evident alteració de la composició atmosfèrica. En la vessant tecnològica, cal desenvolupar tots els mitjans per a una millor monitorització de les variables climàtiques i meteorològiques. Des de la vessant investigadora, finalment, cal continuar amb la recerca tot considerant totes les noves incerteses afegides a la variabilitat climàtica natural.

Tècniques d'observació i de mesura instrumental

Antecedents. La preocupació pel medi atmosfèric

L'home sempre ha tingut una preocupació pel temps atmosfèric. Quan era caçador i recol·lector, potser no percebia amb tanta cruesa les variacions climàtiques, atesa la seva capacitat per a emigrar, tot seguint la fauna o els medis ecològics on trobava cobertes les seves necessitats bàsiques. La sedentarització fou un procés vinculat a l'activitat agrària, especialment l'obtenció d'unes collites regulars, cosa que suposava per a l'home que els comportaments atmosfèrics fossin una de les seves preocupacions bàsiques. La tecnologia, la ciència i fins i tot la teologia es van posar al servei de la població per a diagnosticar i preveure les variacions climàtiques. Qualsevol recurs era vàlid, com les adoracions, les ofrenes, les pregàries o els exorcismes.

Als països europeus, la religió va prendre un protagonisme o almenys un control eficaç sobre la ciència i la tecnologia en aquests aspectes durant l'edat mitjana. L'afany

per observar els fenòmens naturals, mesurar-ne les variables i experimentar-los va haver de lluitar contra l'obscurantisme i les autocensures imposades pels poders religiosos. Només després d'importants sacrificis personals, els coneixements científics es posaren per davant de les creences religioses. Entre el Renaixement i la Il·lustració es constituí la base de la societat moderna i del seu desenvolupament tecnològic i científic.

Desenvolupament de la capacitat de mesura

La ciència moderna s'inicià a Europa en un context on la religiositat, l'astrologia i les creences arrelades en el paganisme impregnaven els coneixements sobre el comportament de l'atmosfera. Malgrat això, Europa experimentà un desenvolupament dels recursos tecnològics i científics. El Renaixement contemplà la invenció dels primers aparells d'observació de diferents variables meteorològiques, pas indispensable perquè els investigadors poguessin iniciar les primeres experimentacions. Els mètodes científics s'anirien desenvolupant i consolidant durant el segle XVII. Simultàniament, s'anà creant la necessitat de disposar d'aparells amb capacitat de mesurar les variables observades. En acabar aquest segle, els dispositius bàsics per a fer observació meteorològica instrumental ja estaven disponibles:

- Termòmetre, impulsat per Ferran II, l'any 1641.
- Baròmetre (E. Torricelli), impulsat per Ferran II, l'any 1643.
- Pluviòmetre (C. Wren), l'any 1662.
- Anemòmetre (R. Guillet), l'any 1673.

A la darrereria del segle XVII s'emprengueren les primeres iniciatives per a fer observacions simultànies i coordinades en grans àmbits geogràfics. Els exemples són escassos, però el mèrit que tenen els converteix en fites per a la ciència moderna: la xarxa coordinada per l'Accademia del Cimento pel cardenal Leopoldo de Medici, les mesures de temperatura a Anglaterra o les activitats de mesura de l'Observatori Astronòmic de París.



FIGURA 1. Estació meteorològica convencional i el seu observador (estació de Sort).

Aquestes experiències tingueren una aplicació pràctica en l'inici de la identificació de processos climàtics arreu del món i la caracterització climàtica dels nous territoris explorats i colonitzats per les potències europees. Durant el segle XVIII, les dades acumulades permeteren fer una climatologia estadística i descriptiva per a una gran part del planeta. Alhora, es descobriren i caracteritzaren els elements i processos constitutius del sistema climàtic: tipus de climes, comportament dels centres d'acció, comportaments extrems, règim de vents.

El darrer pas: la telecomunicació

L'observació meteorològica instrumental tenia una limitació tecnològica que li impedia un dels objectius més coberts per l'home, la predicció meteorològica. El problema era la impossibilitat de tractar simultàniament en temps real les dades generades per tots els observadors, transmetre-les i centralitzar-les. La coordinació per si mateixa duria a ben poca cosa més enllà de la recerca climatològica que treballa en baixes resolucions temporals. El treball coordinat i estandarditzat només va dur a profits meteorològics tangibles quan el desenvolupament tecnològic permeté les telecomunicacions en temps real i de quantitats massives d'informació.



La disponibilitat del telègraf elèctric fou el primer pas important en aquest sentit i permeté el desenvolupament de serveis meteorològics estatals amb un cert component predictiu. En aquest sentit, l'anècdota ocorreguda durant la Guerra de Crimea fa prou evidents les necessitats i els mitjans aplicables al llarg de la segona meitat del segle XIX (Fierro, 1991): la mar Negra era l'escenari de combats navals entre les esquadres anglofranceses i les russes. Els francesos van perdre el cuirassat *Henri IV* durant un fort temporal. El Govern francès encarregà una investigació sobre el cas i les reconstruccions sinòptiques mostraven sens dubte el pas d'una pertorbació per damunt d'Europa fins a arribar a Rússia i provocar els estralls esmentats. Un simple advertiment d'alerta de tempesta per telègraf hauria evitat el naufragi. Aquesta és una de les justificacions per a la creació del servei meteorològic francès i per a la utilització de les telecomunicacions per a disposar d'informació gairebé en temps real per a gestionar situacions de risc.

Un cop donada aquesta utilització immediata, les dades passaven als fons de registres que s'utilitzen en la recerca climatològica.

La primera meitat del segle XX ha experimentat una diversificació en els mitjans de comunicació, que a més s'han fet més potents i amb menys exigències de localització: la telegrafia sense fils, la radiofonia i la telefonia han permès instal·lar observatoris meteorològics gairebé sense limitacions geogràfiques, i els ha fet, en canvi, perfectament utilitzables en temps real. A la segona meitat del segle XX, aquests mitjans han experimentat una potenciació molt important, i s'ha afegit la capacitat dels ordinadors interconnectats com a nou mitjà de comunicació. Altrament, cal fer esment de les plataformes en satèl·lits artificials per a donar suport a les xarxes de telecomunicacions.

Els recursos tecnològics dedicats actualment a l'intercanvi de dades meteorològiques en temps real tenen la seva màxima expressió en el Programa de Vigilància Meteorològica Mundial (Organització Meteorològica Mundial). En total, hi participen deu mil estacions terrestres, set mil estacions embarcades, tres-centes boies i set-centes estacions de sondatge aerològic amb centres de processament a Melbourne, Moscou i Washington. A aquests centres hi arriben i hi són processades quinze milions de dades i dos mil mapes del temps. Aquest material diàriament es transmet a trenta-cinc centres regionals i cent vuitanta-tres centres meteorològics estatals. A més, per a situacions especials, els vaixells i avions científics, militars i comercials poden col·laborar enviant les seves mesures.

Els mitjans tècnics implementats durant el segle XX

Millores en l'observació convencional. L'automatització

El transport de la informació obtinguda en observatoris meteorològics és un gran avantatge però obliga que personal qualificat estigui permanentment *in situ*. Els avenços en

automatització durant la segona meitat del segle XX han permès la instal·lació d'estacions meteorològiques automàtiques. És a dir, estacions que no requereixen cap atenció de personal, tret de les operacions esporàdiques de manteniment. Aquest recurs ha permès disposar de xarxes denses d'observatoris en localitzacions difícils per a la presència humana (alta muntanya, zones àrides, alta mar). L'automatització també facilita la generació d'observacions en una freqüència molt alta, de tal manera que a un observador humà gairebé li resultaria impossible.

Un exemple d'automatització integrada entre diferents xarxes d'estacions de mesura és el dels Sistemes Automàtics d'Informació Hidrològica. Aquests sistemes, implementats a totes les conques hidrològiques espanyoles, integren observacions meteorològiques i d'estacions d'aforament, transmetent les dades en molt alta resolució temporal a una seu central, on s'integren. El resultat convenientment analitzat permet establir els nivells d'alarma per a donar avís de la imminència de grans crescudes fluvials o inundacions.

Millores en l'observació convencional.

La informatització

Les millores en l'observació i la comunicació de les dades generades no tindrien un aprofitament òptim si alhora no s'hagués potenciat la capacitat de càlcul i anàlisi de les dades. En aquest aspecte entra en consideració l'avenç de la informàtica i la seva creixent capacitat de càlcul i d'emmagatzematge de dades.

La predicció meteorològica requereix una capacitat de càlcul elevada i d'alta disponibilitat perquè, precisament, com més aviat arriben els resultats als centres estatals més eficaç és la predicció meteorològica que es fa arribar al públic. Per això calen complexos sistemes informàtics interconnectats que fan de manera automatitzada diferents operacions des del mateix càlcul fins a la representació gràfica, l'emmagatzematge o el reenviament a altres xarxes informàtiques. Hom sempre ha comentat que els superordinadors més potents en diferents països estaven destinats a les forces armades i als serveis meteorològics.

Però la tasca de càlcul massiu i ràpid per a la predicció meteorològica no és l'única etapa en el tractament de les observacions. Una tria de les dades que són recollides diàriament passen a constituir el fons de dades climàtiques. Alguns centres de recerca s'han especialitzat en la modelització climàtica, per a la qual cosa necessiten un model climàtic que no és més que un sistema d'equacions que reproduïx les interrelacions dels diferents elements climàtics al planeta. Sobre aquest model s'introdueixen les dades climàtiques disponibles i es forcen o se simulen les situacions que hom espera per a un futur proper. Ara per ara, aquesta és la metodologia aplicada en la caracterització dels canvis climàtics que la intervenció de l'home per l'emissió de gasos d'efecte d'hivernacle pot arribar a produir.



FIGURA 2. Aparell de recepció de les dades de radiosondatge (a sobre) i llançament d'un dels globus amb la caps dels sensors (a sota). Observatori meteorològic de Sort.

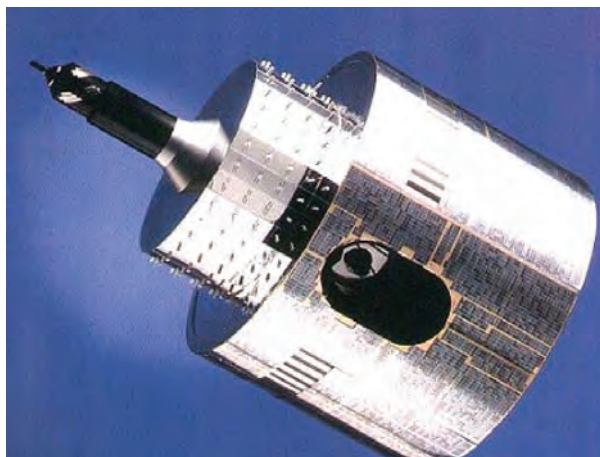


FIGURA 3. Satèl·lit geoestacionari de la família METEOSAT.

La teledetecció

El pas definitiu en la diversificació de recursos per al registre de variables meteorològiques ha estat la possibilitat d'observar a distància aquestes variables sense perdre la capacitat de treballar en altes resolucions espacials i temporals. Els protagonistes són plataformes de sensors que durant el segle xx han anat integrant-se en l'observació meteorològica i que en un futur proper proveiran fins i tot d'informació les anàlisis climàtiques.

Seguint un ordre cronològic d'aparició, el primer aparell que es pot considerar una plataforma de teledetecció meteorològica són els sondatges aerològics. Si bé en un primer moment els globus que fan de vehicle eren recuperats per a prendre les mesures dels aparells transportats, actualment la petita estació meteorològica que el globus transporta fa un recorregut lliure cap a l'atmosfera. Tant el vehicle com els sensors es perden un cop han fet les observacions, per la qual cosa les dades cal transmetre-les per ràdio des de la sonda fins a una estació a terra, on són rebudes i analitzades.

Aquest aparell ha resultat un avenç espectacular pel fet de donar-nos a conèixer el veritable comportament de l'atmosfera, atesa la tremenda limitació de conèixer només el comportament a la capa més propera a la superfície, mentre que precisament molts dels processos tenen els principals factors explicatius a les capes més altes de la troposfera i, fins i tot, a la baixa estratosfera. El treball coordinat dels sondatges és de gran ajut, per exemple, en l'avaluació dels moments de major risc de grans precipitacions torrencials a escala sinòptica i, fins i tot, a mesoscala. Altra ment, a partir dels vols comercials de reacció ha calgut també tenir un coneixement detallat de l'estat de l'atmosfera en alçada per raons òbvies de seguretat dels aparells.

Els sondatges, en canvi, no són fàcils d'automatitzar i des del seu inici fins a principis del segle xx estan operats pels meteoròlegs. Actualment, per convenció, les estacions que tenen radiosondatge l'efectuen dos cops al dia, generalment un al migdia i un a mitjanit.

L'altra plataforma desenvolupada durant la Segona Guerra Mundial és el radar. El seu primer ús militar tenia com a objectiu la detecció de naus i aeronaus de manera llunyana i independent de les condicions meteorològiques. Amb el temps, la diversificació de freqüències de ràdio emprades pels aparells permeté la percepció d'altres elements no tan precisos, com les formacions de núvols. Les primeres utilitzacions en aquest sentit foren radars molt senzills aerotransportats que permetien als avions la detecció precoç de grans tempestes i poder així evitar-les.

La veritable utilitat meteorològica, més enllà del simple advertiment, ha arribat amb l'aplicació dels radars de tipus Doppler. Amb aquests radars, una estació fixa terrestre pot fer un seguiment instantani de les formacions nuvoloses i la pluja associada, i donar mesura de la densitat

de la precipitació. Els models de radar més moderns tenen capacitat per a registrar el desplaçament de la precipitació oferint dades sobre la direcció i velocitat del fenomen. En el cas de detectar-se pluges torrencials, el radar pot, a més, proporcionar informació precisa dels sectors geogràfics que poden patir-ne els efectes i una previsió del temps transcorregut fins a l'inici dels aiguats. El radar, doncs, esdevé una eina amb una important i valuosa capacitat predictiva per a tots aquells episodis de pluja generadors d'inundacions, riudes i estralls a les poblacions.

La darrera plataforma que cronològicament ha entrat en l'observació meteorològica són els satèl·lits. La seva missió bàsica iniciada durant la Guerra Freda era observar el planeta sense cap impediment. D'aquesta primera utilitat militar, com en el cas del radar, es va passar a una aplicació meteorològica sense gaire adaptacions. Les capacitats d'observació s'han centrat especialment en l'espectre electromagnètic, treballant en les amplituds del visible i l'infraroig de manera majoritària. Actualment té ja poca utilització la fotografia tramesa a distància, tot i que els satèl·lits en un principi no eren més que «càmeres indiscretes» a gran alçada. D'aquelles «fotos» hom ha passat a les actuals imatges amb una major capacitat de seleccionar les amplades de banda que més poden interessar a l'observació o la recerca, més enllà d'una simple imatge de l'espectre visible. Un dels arguments bàsics, malgrat la qualitat dels aparells fotogràfics, és l'absoluta impossibilitat de rebre informació durant les hores nocturnes per manca de llum, cosa que generaria dificultats en el seguiment de determinats fenòmens atmosfèrics.

Actualment, les imatges rebudes des de satèl·lits suposen la vigilància meteorològica més avançada i un dels mitjans que millor han entrat en els «domicilis» i a la vida quotidiana del públic general, ja sigui com a reforç dels butlletins meteorològics televisius o de la premsa, ja sigui mitjançant l'accés a webs d'Internet de centres de recerca o serveis meteorològics que en permeten un ús directe.

Els satèl·lits són de dos tipus bàsics. Els *geoestacionaris* tenen una òrbita allunyada uns trenta-cinc mil quilòmetres de la Terra, que els permet tenir una posició fixa i donar una imatge sempre referida al mateix sector geogràfic. D'aquesta manera, les sèries d'imatges enviades a la Terra permeten percebre la successió o els moviments de les masses d'aire i les perturbacions associades amb força precisió malgrat la distància. Evidentment, la cobertura del planeta llavors cal fer-la amb un conjunt de plataformes que es distribueixen en situació propera a l'equador terrestre i en diferents longituds geogràfiques. Els satèl·lits operatius el 2002 eren els següents:

Pacífic est	GOES-10	Estats Units (NOAA)
Atlàntic oest	GOES-12	Estats Units (NOAA)
Atlàntic est	METEOSAT-7	Europa (EUMETSAT)
Oceà Índic	GOMS-N1	Federació Russa
Oceà Índic	FY-2B	Xina
Oceà Índic	INSAT II-E	Índia
Pacífic oest	GMS-5	Japó

Un segon grup de satèl·lits són els *d'òrbita polar*. Aquests circulen a molt poca distància de superfície, uns vuit-cents

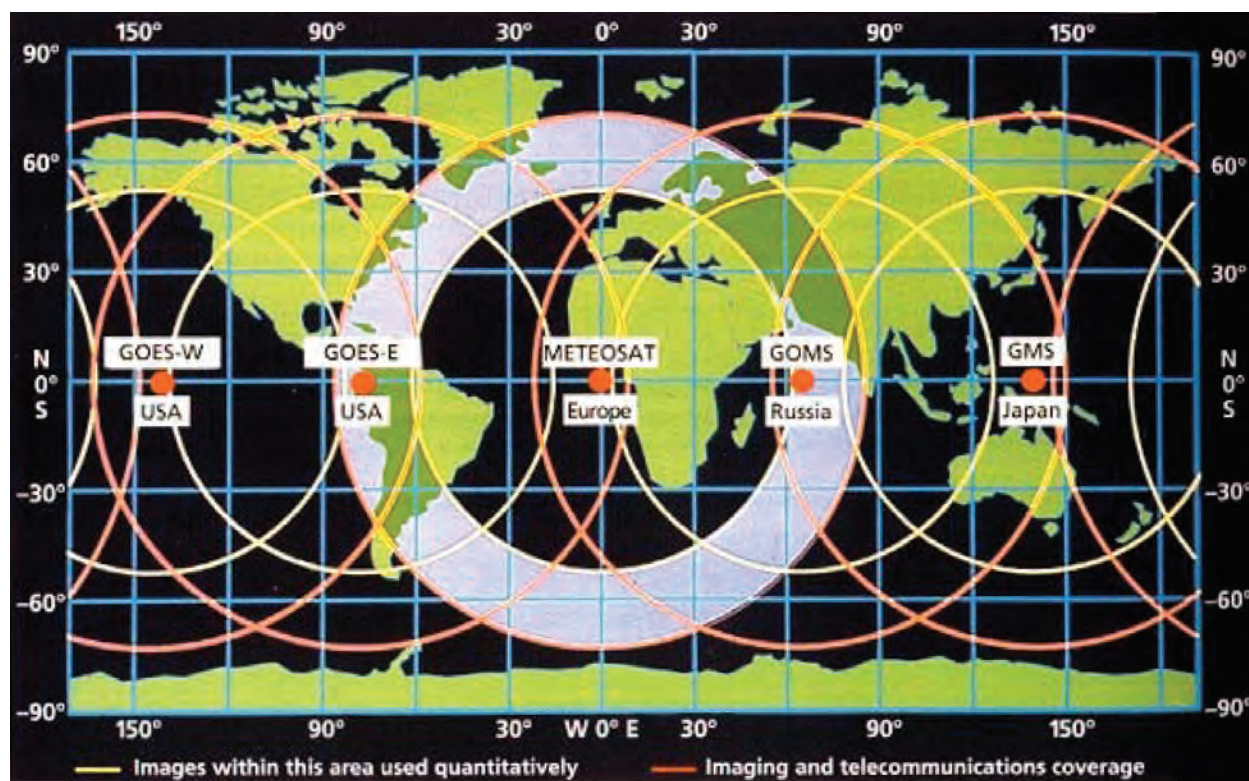


FIGURA 4. Cobertura planetària dels satèl·lits geoestacionaris.

quilòmetres, cosa que els permet obtenir imatges de molta qualitat i resolució, però, en canvi, poden oferir poques imatges d'un mateix indret atesa la seva contínua circulació al voltant del planeta. Aquests satèl·lits, gràcies a la qualitat d'imatge i els detalls que poden proporcionar, tenen un ús mixt civil i militar, i sens dubte participen molt estretament en les operacions militars modernes. Els satèl·lits d'aquest tipus més coneguts són:

NOAA-I4	Estats Units
NOAA-I5	Estats Units
NOAA-I6	Estats Units
DMSP-F13	Estats Units, ús militar
DMSP-F15	Estats Units, ús militar
METEOR 3M-N1	Federació Russa
FY-1C	Xina
METEOR 2-N21	Federació Russa
METEOR 3-N5	Federació Russa

Tècniques de reconstrucció climàtica

La recerca climàtica tindria seriosos problemes per a aprofundir els coneixements científics si només disposés de les dades procedents de l'observació instrumental. Bona part dels fenòmens i processos que constitueixen la variabilitat climàtica natural tenen unes freqüències i unes magnituds temporals que superen àmpliament el període per al qual hi ha disponibilitat de dades instrumentals (entre 50 i 100 anys segons el tipus de variables i la seva densitat).

Evidentment, per a conèixer les característiques de la variabilitat climàtica detalladament calen tècniques que permetin accedir a testimonis d'informació que mitjançant procediments complexos i alhora fiables obtinguin dades equiparables a les de l'observació instrumental. Això s'aconsegueix amb un ventall d'indicadors paleoclimàtics que durant segles han emmagatzemat informació ambiental que actualment es pot extraure per a arribar a reconstruir unes variables meteorològiques fiables. No es poden detallar totes les tècniques i indicadors potencialment útils, però se'n pot donar una mínima classificació:

1. *Paleoindicadors físics*. L'exemple dels testimonis de glaç obtinguts en els casquets antàrtic o groenlandès són molt importants. A més d'una bona datació pels estrats que forma el gel després de compactar la neu acumulada, l'oxigen confinat dins el gel dona una sèrie d'informacions sobre la composició atmosfèrica i les seves condicions climàtiques bàsiques per al període en el qual aquestes grans illes han acumulat gel. Al voltant de 3.500 m de gruix de glaç en els respectius casquets d'ambdues localitzacions ofereixen un registre que comprèn el darrer cicle glacial complet (uns cent cinquanta mil anys). La seva recerca no ha estat possible fins que els recursos tecnològics no han permès l'extracció de mostres a tals profunditats, en un medi hostil, i

assegurant que les mostres no es contaminarien en el procés. Finalment, els avenços en les anàlisis químiques han permès, mitjançant l'estudi de la descomposició isotòpica de l'oxigen i d'altres elements, no tan sols la datació, sinó també la caracterització climàtica quasi directa: és el que hom anomena els *paleotermòmetres*.

2. *Paleoindicadors biològics*. Els arbres, a més de tenir una longevitat envejable, tenen la capacitat de reflectir any rere any en el seu organisme les condicions climàtiques del seu entorn immediat. El creixement anual en forma d'anells en permet l'estudi quantitatiu, tant pel gruix d'aquests anells com per la densitat de la matèria continguda. Altres indicadors de caràcter ambiental treballen sobre els dipòsits de pol·lens i llavors. Allà on aquests es poden acumular de manera estratificada, com llacs i llacunes, els sondatges poden extreure testimonis i veure així les comunitats vegetals predominants en el transcurs dels darrers mil·lennis.

3. *Paleoindicadors culturals*. L'home no només ha arribat recentment a disposar d'un nivell tecnològic suficient per a fer mesures meteorològiques instrumentals. Des de temps enrere, les tècniques escripturals han permès que deixés un testimoni escrit d'allò que en el tarannà històric li ha comportat un cert grau d'impacte o afectació. Des de la vesant climàtica, l'home ha anat deixant testimonis d'aquests impactes, ja sigui en descripcions directes de fonts documentals públiques i privades, com de manera indirecta en documents de caràcter administratiu, fiscal o notarial. Una font força vàlida malgrat la seva aparença formal són els registres de cerimònies de rogatives per motivacions ambientals (sequeres, pluges continuades, fred, plagues i epidèmies); una prova que l'aparença dels documents no ha pas de reflectir directament l'interès dels seus continguts. La qüestió d'extreure la informació històrica no resulta fàcil, i calen tècniques auxiliars, com la paleografia, per a una correcta interpretació dels textos; la metrologia, per a transformar correctament les unitats de mesura referides en els documents, i la cronologia, per a una adequada datació dels fets segons els tipus i estils de calendaris utilitzats.

Tot aquest conjunt de tècniques és tan necessari per a caracteritzar el clima del passat com per a conèixer-ne la variabilitat en un futur immediat. La modelització climàtica, que centra els seus esforços a preveure el comportament climàtic i la seva resposta incloent el factor humà (bàsicament l'emissió de gasos d'efecte d'hivernacle), requereix dades per a fornir els models i per a validar els assaigs que es fan sobre el passat.

Conclusions

La recerca meteorològica i climàtica ha avançat de manera molt important en els darrers segles. S'han deixat enrere molts dels prejudicis, temors i supersticions que vinculen tot el que passa a l'atmosfera i l'espai a causes absoluta-

ment errònies. Hem arribat a conèixer bona part dels processos que participen en l'explicació de la variabilitat climàtica i, en bona mesura, també en els de la variabilitat induïda per l'home. La tecnologia ha estat al darrere d'aquest impuls científic i ha permès que l'observació, la mesura, l'emmagatzematge i l'anàlisi de les variables naturals deixessin de donar problemes logístics i limitacions físiques, fins a arribar a l'actualitat al desplegament de mitjans i sensors que permeten tenir una imatge del comportament meteorològic diari molt precisa i, alhora, conservar-la per a la posterior recerca climatològica.

Això ens fa uns privilegiats, però amb aquests mitjans hem d'afrontar un repte mai no plantejat: l'home incideix ja d'una manera evident en el clima i no tenim cap referent previ dels efectes que això pot suposar. Després de milers d'anys de civilització, les incerteses per al futur i la necessitat de saber-ne quelcom, paradoxalment, continuen presents a la societat com una preocupació plenament vigent. La incertesa meteorològica està força atenuada pel desplegament de mitjans en l'àmbit mundial, però ara ha aparegut amb força la incertesa sobre el futur de la dinàmica o la variabilitat climàtica. Dintre el ventall d'incerteses, l'àmbit de la Mediterrània té una problemàtica molt específica amb el tema de la gestió de l'aigua. Aquest recurs bàsic fàcilment esdevé un risc natural per causa de les seves manifestacions extremes, ja siguin sequeres o pluges torrencials. En aquest context, quan de manera natural la precipitació ha estat força irregular segons els testimonis dels darrers segles, no es pot esperar que la situació millori, atenent a les previsions dels models climàtics que comencen a treballar sobre precipitació. Llavors, només resta optar per la continuïtat en els esforços del conjunt de la societat a fer que aquest recurs permeti un desenvolupament sostenible, uns esforços que podrien sintetitzar-se en els requeriments següents per a diferents àmbits:

1. En l'àmbit científic, millorar la predicibilitat dels riscos i de la variabilitat climàtica.

2. En l'àmbit dels tecnòlegs, desenvolupar i implementar recursos tecnològics per millorar la sostenibilitat del recurs, tant pel que fa a tecnologia per a mitigar els impactes, com a la tecnologia per a millorar l'eficiència en la seva explotació com a recurs.

3. En l'àmbit polític, encapçalar i portar a bon terme aquelles estratègies socioeconòmiques que minimitzin el component de risc i maximitzin la sostenibilitat del recurs.

Però tot això seria esforç estèril si la població no té una clara voluntat de seguir les indicacions de les administracions pel que fa l'exposició o vulnerabilitat davant el risc i els consells o pautes de conducta definides per a l'aprofitament òptim del recurs. ■

Bibliografia

BRADLEY, Raymond S. *Paleoclimatology*. San Diego: Academic Press, 1999.

BRADLEY, Raymond S.; JONES, Philip D. *Climate since AD 1500*. Londres: Routledge, 1992.

FIERRO, Alfred. *Histoire de la météorologie*. París: Denöel, cop. 1991.

GROVE, Jean M. *The little ice Age*. Londres: Routledge, cop. 1988.

Adreces d'Internet

Pàgina personal de Joan Arús

<http://www.geocities.com/CapeCanaveral/Hangar/3283/>

Ramon Baylina, Observatori Meteorològic de Sort, Lleida

<http://www.meteosort.com>

Organització Meteorològica Mundial

<http://www.wmo.ch>

L'EDUCACIÓ TECNOLÒGICA

Joan Joseph

Catedràtic de Tecnologia a l'IES Lluís Domènech i Montaner de Canet de Mar

L'objectiu d'aquest article és, segurament un cop més, reflexionar sobre les aportacions que l'educació tecnològica du a terme dins els nivells de l'ESO i el batxillerat i donar-les a conèixer. Això és així perquè, malgrat que ja fa uns quants anys que l'àrea està implantada en aquests nivells educatius, encara es constata que una bona part del professorat, tant el dels mateixos instituts com el de la universitat, la desconeix. També molts pares i mares no tenen prou clar què fan els seus fills a les classes de tecnologia, i tant els primers com els segons moltes vegades redueixen el que fem a simples treballs manuals. Fins i tot és una pràctica bastant comuna als instituts per part dels tutors i les tutores, no recomanar crèdits variables de tecnologia a l'alumnat potencialment bo i, en canvi, fer-ho als que tenen dificultats. I amb això no pretenc dir, en cap cas, que la tecnologia és millor que les altres àrees i que hauria de ser recomanada com a paradigma. Només vull constatar que ha de competir en igualtat de condicions com una àrea de coneixements el valor educatiu de la qual crec que és inqüestionable.

A tot plegat, cal afegir-hi les opinions d'alguns sectors del professorat universitari, que amb frases com «ensenyeu-los matemàtiques i física, que la tecnologia ja els l'ensenyarem nosaltres», qüestionen la validesa d'assignatures com la tecnologia industrial, la mecànica o l'electrotècnica per a l'alumnat que té la mirada posada en carreres o estudis tècnics.

I per si no n'hi hagués prou encara, s'hi afegeix el fet que hi ha massa instituts on el professorat de tecnologia té dificultats per obtenir els recursos que li corresponen, davant uns equips directius que moltes vegades ni respecten la normativa en relació amb hores de desdoblament, ni atorguen els pressupostos necessaris, entre d'altres qüestions, per tal de garantir un bon funcionament de l'àrea.

Per tot plegat, cal fer una sèrie de reflexions per posar de manifest què és el que es pretén fer des de l'àrea, i com incideix en l'educació del nostre alumnat.

Educació tecnològica versus ensenyament de la tecnologia

En primer lloc, cal constatar que hem de parlar d'educació tecnològica i no pas d'ensenyament de la tecnologia,

i més si es té en compte que es desenvolupa dins l'ESO i el batxillerat. La paraula *educació* va molt més enllà d'una simple transmissió de coneixements i destreses. Es tracta, doncs, d'educar els nostres joves en un camp de coneixements prou ampli i definit i amb prou entitat com és la tecnologia.

Aquest concepte educacional és bàsic i ens ha de portar a concebre l'àrea com un instrument a partir del qual hem de contribuir a dotar de capacitats l'alumnat en l'àmbit individual i social que li permetin assolir una visió d'un entorn on la tecnologia és sempre present i té un paper decisiu. En aquest sentit es fa necessari superar divisions ridícules entre «lletres i ciències» per entrar a parlar del que cada vegada pren més significat, com els nous estudis sobre ciència, tècnica i societat (CTS), on es constata que cada cop és més difusa la frontera entre la tecnologia i la societat que la demana, la consumeix i en rep els efectes.

Tanmateix, cal constatar també, que la tecnologia i les ciències, tradicionalment separades, constitueixen un bloc que ara s'anomena *tecnociència*. Això és així ja que actualment tant la tecnologia com les ciències comparteixen en molt casos els mateixos mètodes i objectius. L'exemple més rellevant en aquest sentit el tenim en la informàtica. La informàtica és una ciència o una tecnologia? Pot explicar-se la informàtica al marge de la tecnologia? I a l'inrevés?

Per tot plegat hem de veure l'educació tecnològica com un entrellat on es relacionen i conflueixen multitud d'àrees del coneixement, la qual cosa li atorga un alt valor educatiu, motiu pel qual la majoria de països desenvolupats l'ha incorporada als seus sistemes educatius.

Si durant l'ESO es pretén donar una formació bàsica, llavors és en el batxillerat on cal ja aprofundir més en aquesta educació, ja que en aquest nivell educatiu cal formar individus amb molta més capacitat crítica i amb valors més sòlids. La tecnologia industrial és la matèria central del bloc tecnològic, on juntament o complementàriament amb la mecànica, l'electrotècnica i el dibuix tècnic, formen un conjunt prou consistent per dotar l'alumnat d'una formació tecnocientífica prou sòlida, sense oblidar, òbviament, la resta de matèries de la modalitat. En aquest sentit, cal lamentar la pèrdua progres-

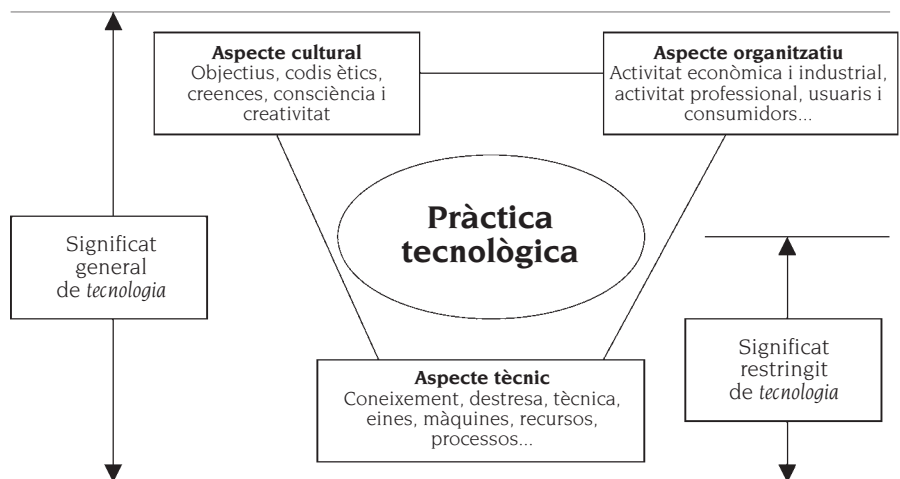


FIGURA 1. Tenir en compte només els aspectes merament tècnics aporta una visió restringida de la tecnologia, perquè el seu estudi ha d'abraçar també els aspectes socioeconòmics i culturals, ja que són aquests els que la fan possible.

Font: Document de David Leyton, «Values in design and technology».

siva d'hores lectives dedicades a aquestes matèries, fet que comporta que l'alumnat no pugui cursar un bloc coherent de matèries de la modalitat científicotècnica. Aquest fet obliga en molts casos que l'alumnat hagi de renunciar a cursar algunes matèries de la modalitat en favor d'altres, que sense negar-ne el valor educatiu, no li seran de tanta utilitat en el futur.

Valors de l'educació tecnològica

Com en qualsevol àrea educativa, el fet educatiu cal plantejar-lo bàsicament des de dues vessants: la formació en l'aspecte social i la formació en l'aspecte individual.

Formació social: valors i models

La incidència de la tecnologia en qualsevol aspecte social actual queda fora de discussió. El repte està a incorporar elements amb valor educatiu dins els processos d'ensenyament que permetin a l'alumnat assumir posicions i criteris propis en aquests aspectes. En aquest sentit, cal partir d'una concepció de la tecnologia que vagi més enllà dels aspectes merament tècnics. Per tot el comentat en l'apartat anterior, cal veure la tecnologia com un

àmbit del coneixement on, a més dels aspectes tècnics, intervenen aspectes culturals i socioorganitzatius (vegeu la figura 1).

Per això, a través del que anomenem *procés tecnològic*, s'articulen els processos d'ensenyament i aprenentatge de l'àrea, tot emmarcant les activitats dins un context que abraça des de les concepcions i implicacions socials i culturals del fet tecnològic, fins a les més elementals de caràcter manipulatiu o estrictament tècniques.

La concepció del procés tecnològic parteix dels propòsits humans determinats

per les necessitats que, en l'aspecte material, hem tingut tots els humans en el decurs de la història i de quins processos es duen a terme per satisfer-les. Així, entenem el procés tecnològic com el mètode que la tecnologia utilitza per satisfer els propòsits humans en relació amb les necessitats bàsiques com ara l'alimentació, l'energia, la comunicació, etc.

Aquest mètode parteix bàsicament de la idea que a partir d'un propòsit, un requeriment o una necessitat, s'inicien tota una sèrie de passos fins que es resol la qüestió. En un primer pas, cal identificar clarament el que s'ha de resoldre i en quines condicions. En un segon pas, caldrà

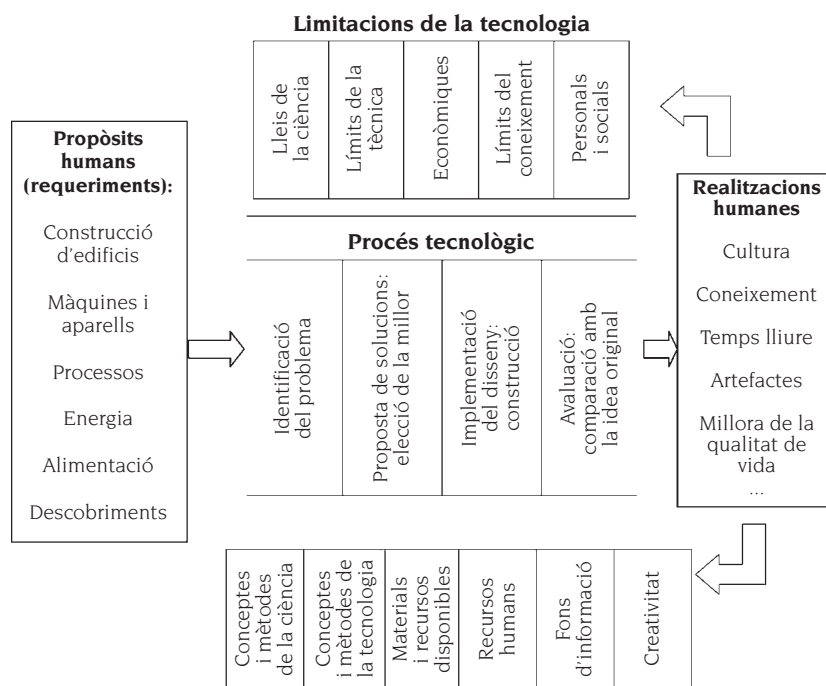


FIGURA 2. El procés tecnològic interacciona contínuament amb el medi social on es desenvolupa, i és la tecnologia mateixa, en tota la seva dimensió, que hi aporta els recursos i les limitacions imposats pel context.

Font: Document de David Leyton, «Values in design and technology».

formular una proposta de solució, d'entre les diferents possibles, a través d'un projecte. En tercer lloc, s'implementa la solució proposada en el projecte a través de la construcció de l'aparell, instal·lació, etc. Finalment, caldrà avaluar el resultat, tot valorant si s'ajusta al requeriment inicial i les repercussions que es deriven de la seva implementació (vegeu la figura 2).

Tanmateix, tant el problema o requeriment com les mateixes solucions no poden deslligar-se del context on es generen. Per això cal concebre tota una sèrie de recursos i limitacions que imposen com es duen a terme i que d'una manera o altra també condicionen tant el resultat final com el mateix procés, el problema o la necessitat.

Com a mostra del que he exposat, actualment a les societats desenvolupades es fa difícil concebre cap procés tecnològic sense el concurs de la informàtica i més exactament sense les TIC (tecnologies de la informació i la comunicació). Tanmateix, no succeeix el mateix en societats en vies de desenvolupament. Es pot qüestionar la validesa de la implementació d'aquests recursos en aquestes societats, ja que, entre d'altres qüestions, podria fer-les més dependents encara de l'anomenat *primer món*, que és qui disposa del monopoli d'aquestes tecnologies. En el terreny de les limitacions, n'apareixen de noves de tipus ètic, en aplicar noves tecnologies com ara la bioenginyeria.

A més, cal educar en el descobriment dels valors que qualsevol objecte, sistema o entorn tecnològic du encastat en el moment d'estudiar-lo. Llavors, si observem un aparell amb tan d'èxit com ha estat el telèfon mòbil, és obvi que el seu interès des del punt de vista exclusivament tecnicocientífic és prou atractiu i que cal treballar aquest aspecte, però no n'hi ha prou, cal observar-lo amb més perspectiva. Cal formular-se preguntes com quin és el grau de dependència que els nostres alumnes en tenen, quin ús en fan, què feien abans quan no en tenien i quines causes han fet possible la seva progressiva incorporació fins als nivells actuals dins la nostra societat.

De la teoria a la pràctica

En traslladar aquesta concepció a l'aula i fer-la present en les activitats d'aprenentatge, cal considerar-ne l'adequació als destinataris; però en tot cas cal que aquests interpretin que el que estan fent transcendeix l'àmbit utilitarista que normalment s'atorga a la tecnologia, per adquirir a més de la dimensió tècnica, una dimensió cultural i una de social incloses en el model de procés tecnològic.

A tall d'exemple, en plantejar a classe la construcció d'un objecte o d'un aparell, es formula un requeriment, tot simulant un procés tecnològic que en ocasions pot ser real, com ara la construcció d'algun objecte o aparell necessari a l'institut (figura 3). L'alumnat haurà d'iniciar un procés tecnològic que li permeti resoldre la qüestió: obtenir l'objecte o aparell que compleixi les condicions pro-

posades en el requeriment. Per això l'alumnat haurà d'investigar, recollir informació i seleccionar-la per poder fer una proposta de solució a través de la realització d'un projecte. Un projecte que es materialitzarà amb la redacció d'una memòria que ha de contenir informació escrita sobre el requeriment i la proposta de solució, els plànols corresponents, els recursos necessaris per implementar-la i les conseqüències que implica o implicaria portar-la a terme.

El fet creatiu que suposa realitzar un projecte amb disseny propi és prou enriquidor, però no resulta pas gens fàcil. Cal, en els primers cursos de l'ESO, començar per oferir pautes a l'alumnat per tal que adquireixi referents i experiència que li permetin en el futur poder oferir propostes de solució en futurs projectes. Així, és aconsellable realitzar construccions senzilles i oferir propostes de solució que l'alumnat pugui millorar introduint-hi modificacions que personalitzin la solució final.

Una vegada fet el projecte cal realitzar-ne la construcció, utilitzant els recursos i materials de l'aula de tecnologia. Aquí és on intervé la part més tècnica, però també la que

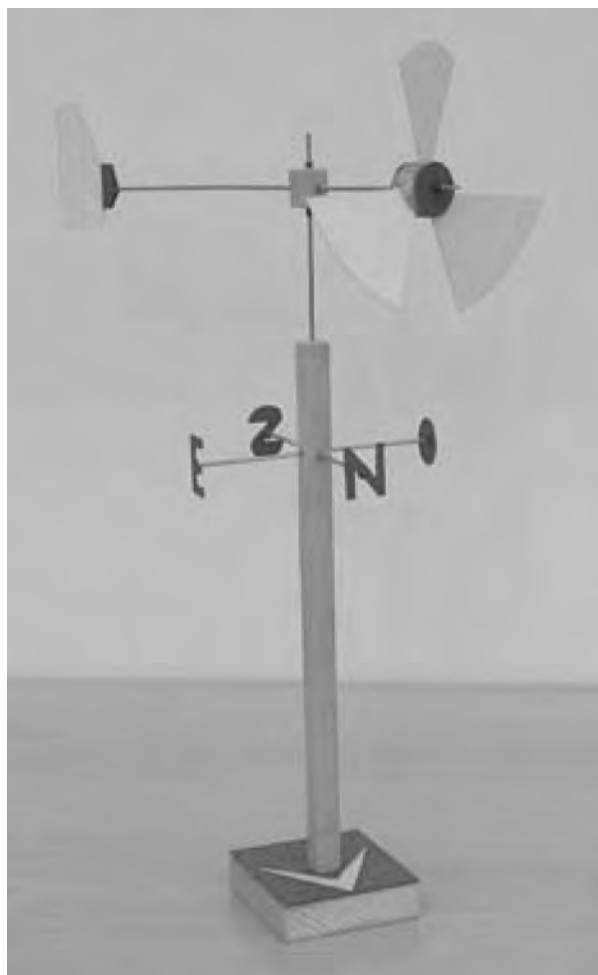


FIGURA 3. Penell.

una àmplia majoria d'alumnat fa amb més ganes. Realitzar operacions típiques de taller, serrar, trepanar, etc., posa en joc les destreses de l'alumnat i, per tant, també la psicomotricitat.

Formació personal

La realització de projectes i construccions basats en l'aplicació del procés tecnològic implica tres aspectes en l'àmbit personal d'enorme valor educatiu, si som capaços d'adequar-los a les capacitats i interessos de l'alumnat:

- el repte de saber i saber fer: del cap a les mans;
- el treball en equip;
- el resultat: l'avaluació i l'autocrítica.

En poques disciplines interaccionen tant el saber i el saber fer, el cap i les mans. El repte que suposa dissenyar i pensar com resoldre una determinada qüestió per després implementar-la és prou important i engrescador per a una àmplia majoria d'alumnes (figura 4). Ho demostra el fet quotidià. Tot i que moltes vegades cal ajudar l'alumnat a trobar solucions i a resoldre no poques qüestions de caràcter tècnic, si al final s'obté un resultat positiu, el grau de satisfacció dels alumnes és prou important per adonar-se que tot plegat ha valgut la pena. Aquest fet ajuda a potenciar l'autoestima dels alumnes i alhora els encoratja a superar nous reptes.

Pel que fa al segon aspecte, no és pas patrimoni de l'àrea de tecnologia el fet de treballar en equip, però sí des d'una nova perspectiva. La majoria de projectes (processos tecnològics) que es realitzen a les classes de tecnologia es fan en grups de dues, tres i fins a quatre persones. Cal, doncs, que es posin d'acord i sàpiguen treballar junts en la proposta de solucions. Cal, després, que aprenguin a distribuir-se les tasques de construcció i a compartir els recursos disponibles. Tot plegat amb l'objectiu d'aprendre a viure i a conèixer compartint objectius comuns.

Els resultats obtinguts han de servir per avaluar el que s'ha fet. L'autoavaluació és evident ja que és el mateix

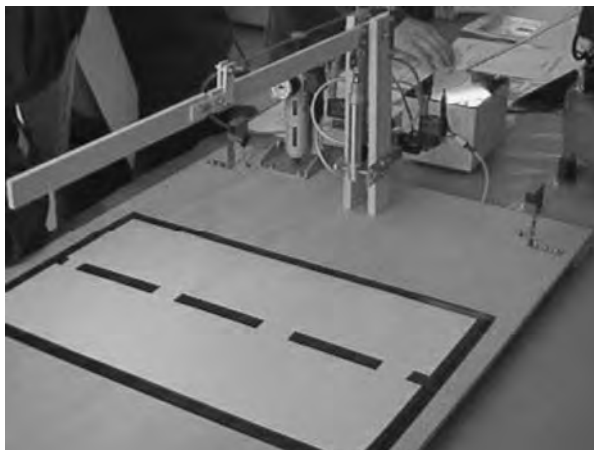


FIGURA 4. Barrera de pàrquing.

alumnat qui veu i preveu el resultat. Cal utilitzar aquest fet per tal de fomentar l'autocrítica i l'esperit de superació.

Conclusions

L'objectiu d'aquest escrit era mostrar la importància de l'educació tecnològica i donar a conèixer el que un bon grup de docents estem duent a terme diàriament a classe. Tanmateix, no voldria en cap cas fer veure que a les classes de tecnologia tot es desenvolupa segons el model descrit. Encara queda molt per fer i descobrir, i el perfil de l'alumnat actual exigeix recursos, imaginació i molt d'esforç per part de tots a fi de poder assumir els objectius que tenim proposats. A més, cal tenir present que, d'una banda, la tecnologia és jove i comparativament amb d'altres àrees amb més tradició no té el grau de recursos didàctics que aquestes tenen, i de l'altra, la dinàmica pròpia de la tecnologia obliga a una constant posada al dia de recursos i coneixements. La implantació de les TIC, la necessitat de portar a l'aula tècniques i processos actualitzats no és pas fàcil. A tot plegat, cal afegir-hi polítiques educatives deficientes a l'hora d'oferir els recursos humans i materials que serien desitjables per garantir una educació tecnològica actualitzada i de qualitat. ■

PLANTEJAMENTS EN LA DIDÀCTICA TÈCNICA DE FORMADORS UNIVERSITARIS

Marc Barracó, M. Àngels Adrià, Ricard Torres i Pere Surià i Lladó

*Departament de Mecànica de Fluids. Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Industrial de Barcelona.
Universitat Politècnica de Catalunya*

Resum

Els reptes que la societat planteja al tècnic fan referència als aspectes científics i tècnics i als aspectes docents. Els dos primers punts són acceptablement desenvolupats pels nostres centres. Hi ha, però, una necessitat patent de bona pedagogia tècnica. En efecte, tot i els notables esforços que realitzen els centres de formació de formadors, els resultats obtinguts són clarament insuficients. En tot el desenvolupament fet s'ha donat per resolta l'adquisició de la formació tècnica pràctica. És cert, però, que en molts casos es detecten fortes mancances en aquest tipus d'ensenyament. És cert que els centres universitaris resolen cada vegada més definitivament aquests dèficits, o bé amb la realització de pràctiques de laboratori dins dels plans d'estudis vigents, o bé amb la realització dels projectes de final de carrera (a la indústria o amb la seva participació activa), o bé, finalment, amb la realització d'estades a indústries o centres tecnològics. El supòsit anunciat fa que no es tinguin en compte les estratègies de comunicació d'experiència tècnica. El treball presentat analitza la problemàtica, prenent com a model la marxa sistemàtica que molts centres europeus han fet fa ja temps. El contingut concret justificadament la inclusió de matèries de tipus pedagògic per a ésser aplicades en la formació dels professors tècnics. S'indica, de manera orientativa, les disciplines bàsiques que cal seguir, com distribuir-les, i s'elabora una proposta com a estratègia d'actuació.

Introducció

La docència representa la transmissió de coneixements que el professor realitza envers els estudiants. L'esmentat bescanvi de coneixements ha de tenir com a objectiu principal que l'estudiant adquireixi els elements necessaris per a crear-se un criteri, a la vegada global i especialitzat, que el faculti per a la presa de decisions en l'àmbit tecnològic, sigui en el vessant d'estudi previ, disseny i realització, o bé en el d'explotació i manteniment.

Si l'activitat del futur tècnic ha d'ésser la docència, s'han d'intensificar, respecte de la resta de tècnics, els

aspectes comunicatius i de tracte, tot i que és desitjable un alt nivell en aquestes disciplines per a tothom. Tot això fa que, en el cas de la tecnologia, aquesta transmissió sigui especialment complexa; més encara tenint en compte que en depèn l'eficàcia de l'activitat educadora. La primera condició bàsica per a dur a terme una tasca educativa correcta se centra en l'equilibri: bons professors - estudiants adequats. Tenint en compte que la situació dels estudiants es veu influïda àmpliament pels períodes de formació anteriors i que són motiu d'estudi a part, es tractarà només de les condicions pedagògiques dels professors de tecnologia.

La pedagogia tècnica, des d'un punt de vista científic, és definida i caracteritzada per diferents escoles segons el corrent particular de pensament que les caracteritza. Resumir les línies de cada concepció és llarg i complicat. A tall de síntesi, però, tradicionalment hi ha dues maneres distintes d'entendre la qüestió:

— La primera correspon a l'aspecte «filosoficohumanístic», que es fonamenta en l'ús de mètodes fenomenològics per a aprehendre totes les parts que integren el procés educatiu.

— La segona s'encabeix en el concepte *cibernètic*, defensat pels «cientificopensadors» i que, amb diferents graus, fa servir mètodes «calculatoris».

És obvi que hi ha exemples de les dues modalitats a les escoles europees, amb certs punts de concordança i diferències que les identifiquen. La pedagogia tècnica clàssica no fa menester mètodes específics perquè no ha de satisfer necessitats especials. El problema sorgeix prou més enllà del coneixement tecnològic, la qual cosa —com ja s'ha apuntat— passa amb els tècnics que han de fer l'ensenyament de la professió.

Les experiències inicials consistents en una formació pedagògica especialitzada per a nous professors (per exemple, a l'antiga Txecoslovàquia als anys seixanta) van ésser prou decebedores, ja que van mostrar que el «llenguatge» i els sistemes emprats eren prou estranys i la comunicació amb els «nous estudiants», poc habitual.

Les experiències descrites van promoure la creació de l'«enginyer pedagog» o especialista en la formació de tècnics, amb responsabilitat de vetllar per la qualitat docent de l'ensenyament tècnic.

És lògic pensar que, actuant d'una manera universalista, el concepte de *pedagog de tecnologia* s'ha de nodrir de continguts pertanyents a les dues doctrines exposades. Hi haurà, doncs, desenvolupaments de la metodologia pedagògica «filosoficohumanística» implementats, amb incusions d'altres de corresponents al mètode *cibernètic*. La justificació bàsica dels aspectes quantitatius de mesura, tractament de dades, extracció de conclusions, sistemes de control i possibilitat de realimentació que el segon dels mètodes permet és molt a prop de la situació dels científics i dels tècnics.

D'aquesta manera, la idea actual de la pedagogia tècnica es concep com una recerca científica amb aplicació pràctica dels objectius i temàtiques tècniques, de manera que es produeixi una transformació d'aquestes temàtiques en coneixements a través de tota l'estructura, mètodes i mitjans que el col·lectiu té i usa.

Aquest model es basa en l'existència de dos pols (sistema d'ensenyament i sistema d'aprenentatge) interrelacionats. L'estabilitat de l'equilibri descrit es veu afectada per una sèrie de variables diferents per a cada societat i moment.

Els factors que intervenen en el model presentat i que se sintetitzen a la figura 1 s'agrupen en quatre apartats pels quals ha de realitzar-se el pas d'ensenyament a aprenentatge. Són:

1. *Objectius docents pretesos*. S'han de fixar prèviament, segons models que es poden assimilar. Un cop experimentats, el sistema ha d'ésser prou àgil per permetre la incorporació d'objectius no previstos inicialment. La situació d'equilibri ha de preveure una modificació continuada.

2. *Disciplines temàtiques*. Per a la docència de la tècnica vindran condicionades per l'estat tecnològic del món industrial i la seva evolució. És clar que s'ha d'actuar de capdavanters en la temàtica, ja que el factor temps actua en sentit contrari. Per a certes matèries de desenvolupament accelerat, com ara les comunicacions, obrir camins ha d'ésser l'objectiu principal.

3. *Estructures existents*. Són molt definitòries, ja que per la seva varietat poden intensificar la implantació i funciona-

ment del sistema o bé el poden alentir i, fins i tot, aturar. A més a més, es tracta d'un conjunt de factors que afecten la realitat social de la col·lectivitat i, per tant, són d'evolució lenta. Caldrà, en molts casos, actuar puntualment amb més intensitat que la de règim.

4. *Mitjans disponibles*. Estan condicionats per l'estructura existent i poden tenir els efectes que s'han adjudicat a aquesta realitat estructural. S'ha de produir una conscienciació col·lectiva, per la qual l'Administració destini a l'ensenyament tècnic els recursos raonablement suficients. Aquesta actitud s'ha d'entendre com una inversió, ja que el resultat final revertirà a la mateixa societat en forma de millora de la qualitat tecnològica.

El caràcter científic de la proposta metodològica fa que es pugui desenvolupar un sistema de dependència de factors mitjançant models analítics, fent que cada factor sigui una variable, en el sentit matemàtic de la paraula, i que es determini la influència de cadascuna, mantenint constant la resta. L'objectiu és avaluar el sistema d'ensenyament, fent l'estudi de la funció creada i que el caracteritza.

Es constata, però, la dificultat extrema de fixar concretament el conjunt de variables, raó per la qual s'imposa analitzar-les cada una aïlladament i globalitzar les dades per a determinar la totalitat del procés i optimitzar-ne l'aplicació.

Arribat aquest punt és convenient tenir en compte l'especificitat de condicionants que suposen situacions noves i que cal tractar de manera concreta. Aquestes condicions formen part de l'estructura i afecten la resta de variables. Es poden resumir segons els canvis que l'estructura social està produint en els àmbits següents:

— Sistemes d'ensenyament-aprenentatge per al 1r, 2n i 3r cicle dels estudis reglats. Correspondria a la situació actual amb la incorporació dels diferents mitjans emprats en la docència i la diferent preparació dels estudiants.

— Entrada a diferents cicles de les carreres. Ja és una pràctica habitual dels nous plans d'estudis preveure la incorporació en diferents fases de l'ensenyament (cicles). Això obliga a crear canals d'accés i sistemes de convalidacions per a assegurar la continuïtat dels estudis i l'absència de buits i repeticions.

— Formació de gent gran. L'evolució demogràfica comporta l'existència de col·lectius en «edat escolar» reduïts i d'altres de nombrosos fora d'aquest període.

La necessitat de formació d'aquests grups socials és una exigència que s'ha de resoldre des dels vessants de formació per a accedir a nivells de coneixement superiors als adquirits anteriorment i formació de posada al dia (reciclatge).

Si bé l'ensenyament reglat aconsegueix els requisits per a oferir aquestes formacions, és prou clar que el tercer cicle pot proporcionar la gamma de formes docents adequades en les modalitats de: programes de doctorat, per a intensificar els estudis de segon cicle i obtenir el grau de doctor, i programes de postgrau, cursos de postgrau, cursos d'especialització i activitats complementàries, els quals poden completar de manera particular les demandes formulades.

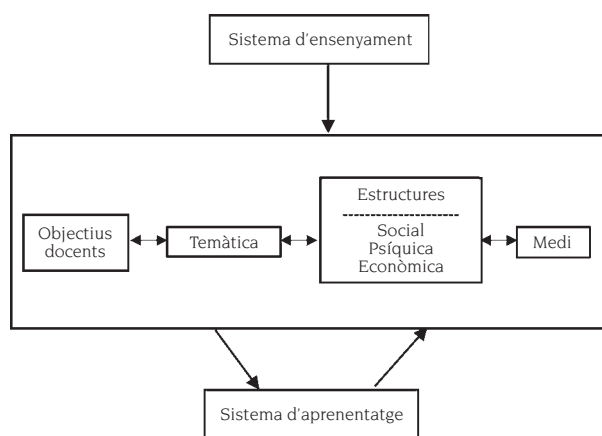


FIGURA 1. Esquema indicatiu dels factors que intervenen en el procés ensenyament-aprenentatge.

Situació actual

Els trets més característics del prototipus de formador tècnic són els següents:

- Es tracta, en situació estable, d'un funcionari amb diferents graus de responsabilitat docent, que pot haver fet els seus estudis (dels tres cicles que integren la carrera universitària), sense una exigència d'experiència industrial i, sovint, de titulació diferent a la que imparteix.

- En la regulació legal dels cossos de funcionariat prevaleix, de manera evident, la dedicació completa. És a dir, generalment, no es pot compartir la docència universitària amb l'activitat industrial si no és amb convenis o treballs de col·laboració (tipus projecte o/i experimental). El contacte amb el món industrial és molt reduït.

- És prou coneguda la via d'accés i promoció que tenen els professors. Es fa per mitjà d'un concurs en el qual es valoren els coneixements i la recerca.

Consideracions de la situació actual

Des del punt de vista conceptual, es produeix una situació de desigualtat entre els coneixements tècnics i els de tipus humanístic. En efecte, de la mateixa manera que hi ha informació completa de teories, resultats experimentals, aplicacions, etc., de totes les branques de la tècnica, és prou difícil enunciar teories de metodologia pedagògica humanística en la formació dels tècnics. Es podria afirmar que no hi ha, suficientment concretada, aquesta teoria ni les seves metodologies. Per a obtenir una qualitat en la docència és imprescindible considerar-ne fonamental el contingut pedagògic, per al qual cal una formació humanística intensa. Cal dir, en veritat, que hi ha centres (ICE, etc.) que imparteixen cursos i fan activitats per tal d'omplir aquest buit. La seva aportació, tot i ésser molt valuosa, no deixa de tenir un caire de voluntarisme.

Matèries específiques per a l'educació pedagògica del professor

És prou difícil fer un llistat dels coneixements tecnicohumanístics que el professor hauria d'acreditar. Tot i això, seguint el patronatge de centres que ja ho practiquen es pot generalitzar la demanda (que s'indica a la figura 2) en les matèries següents:

Psicologia

Fa referència als problemes de la psicologia de la cognició i la psicologia de la pedagogia, tot tractant el concepte de *talent* i les tècniques específiques d'educabilitat (cal considerar les propietats relacionades amb la intel·ligència i la

manera d'actuar per a augmentar-ne l'aplicació a l'ensenyament a la vegada que la formació educativa per als diversos graus del talent advocat).

En relació amb el paràgraf anterior, les condicions i processos d'aprenentatge s'adapten als resultats de les esmentades tècniques especials, i donen així interès als conceptes de memòria i motivació, que esdevenen punts principals.

Les tècniques utilitzades són les típiques de la psicologia i es basen en les experiències fetes individualment i col·lectiva sobre la temàtica pedagògica. La confecció de proves (tipus test) indicatives i orientades és un gran suport.

En síntesi, doncs, s'ha de tenir en compte:

- les condicions de l'aprenentatge humà,
- els processos propis de l'aprenentatge,
- la motivació,
- el binomi intel·ligència-educabilitat i les tècniques del coneixement, comprensió i intel·ligència.

Sociologia

Introdueix la metodologia sociològica, ja que la relació social és definitiva en l'eficàcia de la docència. En efecte, és important conèixer el funcionament i la dependència dels grups socials entre si i amb l'entorn. És prou clara la interacció social en la pedagogia tecnològica, la qual fa plantejar estratègies particulars i diferents segons sigui el grup en qüestió.

Per la transcendència que comporta, cal tenir fitat el model d'organització estructural (funció dependent de factors diversos, contradictoris i simultanis), l'existència de *leaders* que, en qualsevol cas, pot motivar la innovació i el treball en equip, i la personalitat pròpia de l'ensenyant en el paper de moderador o incentivador social d'activitats.

Cal que inclogui:

- el funcionament i la dependència dels diferents grups socials que concorren a classe,
- el paper del professor en la seva situació professional,
- l'entorn dels estudiants,
- l'entorn del mateix professor.

Comunicació

En realitat és un apartat doble, en el sentit que conté el binomi comunicació-discussió. Una part de la comunicació és coneguda com a *retòrica*. Tot i que el nom pot semblar antic, és prou vàlid des del punt de vista d'«actuacions». Es pot englobar en aquest apartat tot el que siguin xerrades, lectures i altres activitats similars. Els criteris d'entonació, d'articulació, de claredat en l'explicació, i la persuasió per a convèncer l'auditori fan imprescindible un estudi acurat de la veu.

La comunicació es completa amb la discussió de temes amb els companys. El guany aconseguit amb aquestes tècniques és notable. Primerament, es crea una sensibilitat quant a l'auditori per a «fer-se entendre». Tot seguit, cal adquirir una percepció del mateix auditori per poder detectar si el que es comunica és entès o no, i establir, si això passa, els sistemes adequats per resoldre el problema (es respon a la pregunta: «Com puc actuar perquè els altres m'entenguin?»). Finalment, sorgeix l'encoratjament cooperatiu (respondria a: «Què puc fer perquè entenguin algú altre?»). El resultat final d'aquest procés és l'eliminació de les barreres de llenguatge.

Aquest gran bloc ha de contenir:

- Entrenament de la veu per a obtenir unes condicions d'articulació, claredat i persuasió òptimes.
- Desenvolupament d'una certa sensibilitat, en el sentit d'ésser capaç de fer-se entendre i tenir la percepció de saber quan no s'obté aquesta comprensió.
- Implementació d'estratègies per a desentrellar els punts foscos d'una exposició i arribar a l'aclariment total del tema.

Comprensió de publicacions

És un dels punts més clars i definitius. El contingut dels textos, siguin científics o tècnics, ha d'ésser comprès fins al punt d'ésser capaç de fer-ne una síntesi breu però completa. L'aspecte més diferenciador quant a l'aplicació a la pedagogia tècnica és la percepció d'aquesta comprensió, la qual comença per exigir la correcta entesa i aplicació de textos exclusius de la tecnologia (manuals, gràfics, nomogrames, normes, promptuaris, etc.), i conclou amb l'elaboració de material docent propi amb les característiques precises perquè sigui entenedor.

Un capítol especial requereix el tractament de publicacions fetes de manera «no convencional». Ha de tenir en compte:

- la percepció de la comprensió,
- l'atenció a les publicacions especials (manuals, etc.),
- la comprensió de dibuixos i gràfics,
- la comprensió de les diferents formes de comunicació (mètodes informàtics, etc.).

Tecnologia de l'educació

Desenvolupa el conjunt d'equips i sistemes que s'han d'emprar en la tasca docent. Representa una aplicació acurada de la realitat tecnològica del moment i comprèn des dels mètodes més «clàssics» (pissarra, transparències, diapositives, pel·lícules, etc.), fins als que anomenaríem *sistemes media* (ordinadors, vídeos, etc.). Ha de tenir en compte:

- els mecanismes tècnics, equips i sistemes de suport,
- l'operativitat d'aquests *media*.

Biologia

Aquesta temàtica té cura del desenvolupament humà des del punt de vista físic i psíquic i de les seves interrelacions. L'aspecte pràctic més significatiu és el concepte de *normalitat*, definit a través d'uns valors de paràmetres físics i psíquics (mesurats amb proves concretes reproduïbles) adjudicables estadísticament a una majoria del col·lectiu. És sabuda la varietat individual, per la qual cosa cal de fer un ús prudent dels criteris de classificació.

La *normalitat* permet adequar la tasca docent al nivell pretès, accionant de manera especial en aquells casos que se situen fora. S'introdueix, també, el *límit humà*, que condiciona la forma d'ensenyament. A tall d'exemple, la durada d'una sessió presenta una primera fase d'interès i atenció creixent, seguida d'un màxim i un descens, en el qual l'eficàcia de l'ensenyament minva. La caiguda de l'atenció pot ésser definitiva o es pot reemprendre, amb menor intensitat, i decaure posteriorment. La davallada definitiva pot presentar la forma de debat desordenat, sovint amb intervencions fora de la temàtica general (aquesta última pauta, especialment, cal que sigui controlada). La intensitat, complexitat, etc., presenten característiques semblants.

La disciplina incideix clarament en:

- la capacitat humana (biològica i psicològica),
- l'estabilitat emocional,
- l'ambient a l'entorn dels estudiants.

Didàctica de laboratori

Està relacionada amb les tasques experimentals i de recerca. Les condicions psíquiques i motores són les que definiran, en bona part, l'èxit de les sessions pràctiques. L'esquema general de treball consta de l'estudi previ, la formulació d'hipòtesis, la realització de la manipulació experimental, l'obtenció de resultats i la crítica (comparació amb el que s'ha formulat a les hipòtesis inicials, errors introduïts —teòrics o d'experimentació—, camp de validesa, etc.). L'exposició oral i discussió completen aspectes ja esmentats a «Comunicació».

Amb l'estructura mostrada hi ha la possibilitat de sessions amb experiments predefinits o amb llibertat de línia d'acció. En el seu conjunt ha de tractar:

- els aspectes psicomotors,
- l'estructura i control dels experiments i recerca.

A tall de concreció caldrà fer èmfasi en:

- la realització d'experiments predefinits,
- la realització d'estades experimentals.

Pedagogia tècnica

Té per fonament el sentit de la integració, entès en el context global de posar d'acord objectius de lectura, estructuració d'informació, diferents influències de les diver-

ses matèries dels mètodes d'ensenyament, definició de termes, deducció de lleis, mètodes inductiu i deductiu, educació programada, etc.

Pràctica d'educació a l'enginyeria

Com a complement de tot el contingut cal entendre que el mètode o mètodes emprats en l'educació tècnica han de sotmetre's a una anàlisi crítica continuada, la qual cosa comporta la discussió del disseny i millora de les unitats pedagògiques utilitzades. La utilització dels sistemes actuals de comunicació permet agilitar enormement aquesta concentració d'idees i produir i estendre més ràpidament les alternatives debatudes.

Altres

Correspon a grups de matèries que són específiques de cada centre i que estan condicionades per factors no assimilables, de vegades, de manera universal o bé que han de fer menester una intensificació major. Amb aquests supòsits es faria esment de:

- dret (referit a aquells temes relacionats amb escola, universitat o estaments encarregats de la docència i que poden tenir incidència en la seva regulació);
- organització (quant a l'ensenyament, plans d'estudi, gestió de matèries i recursos, etc.);
- llenguatges (des de la manera de parlar i entendre internament fins a les eines de comunicació universals);
- activitats lúdiques (per a fomentar la relació individual i de grups socials així com incentivar el treball en equip).

Distribució de crèdits de pedagogia tècnica

Fixar el nombre de crèdits que cal justificar és una qüestió delicada, ja que depèn principalment de la quantitat d'aquestes matèries que ja es cursen als estudis reglats i, sobretot, de la tradició que tinguin a la col·lectivitat. Això vol dir que la demanda d'adquisició d'aquests coneixements tindrà una justificació històrica, social i cultural.

L'evolució de cada país indicarà la manera com s'han de modificar en el temps, temàtiques, continguts, intensitats i graus d'exigència. La proposta que se suggereix és una mitjana de les incloses en els currículums europeus adequada a la característica manca de tractament en les carreres tècniques. La distribució global d'hores, assenyalada al gràfic de la figura 2, fa veure que el nombre de crèdits total és de vint-i-quatre, que representa més d'un 6 % de l'encàrrec docent d'una carrera universitària de dos cicles.

La col·locació d'aquestes matèries és, en principi, prou

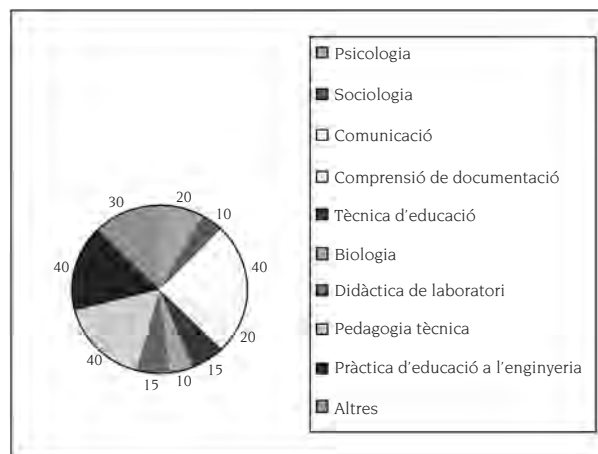


FIGURA 2. Distribució percentual dels crèdits a justificar de les matèries de la proposta de docència tecnològica.

indiferent. Sembla convenient, però, una gradació al llarg de la carrera amb un contingut més intens a segon cicle. Es planteja la possibilitat d'aprofitar el tercer cicle per a aquest propòsit, a més a més dels cursos no reglats de tipus màster i d'especialització.

Propostes

La principal actuació que es planteja és la introducció d'aquest criteri de formació pedagògica per als tècnics, que formin part del seu currículum de manera exigible com a condicionament per a l'exercici de la docència i no solament com a mèrit.

La figura 3 indica, en forma de diagrama, l'estat actual de l'ensenyament tecnològic i les estratègies possibles d'acció. El quadre amb un interrogant indica una manca de l'estat actual de l'ensenyament.

Per a dur a terme el que s'indica a l'apartat anterior, és del tot necessari que les autoritats acadèmiques promoguin la modificació de les prestacions demandades en con-

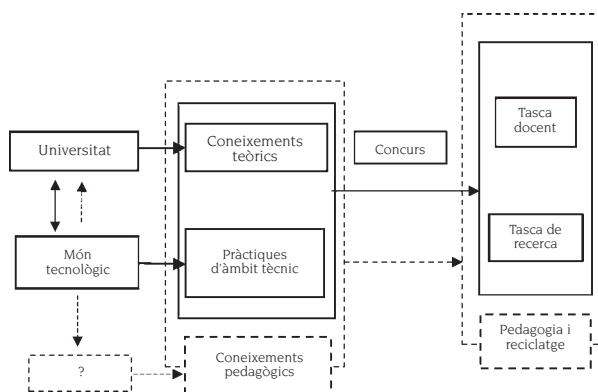


FIGURA 3. Diagrama de l'estat actual en l'ensenyament tecnològic i possibles criteris d'actuació.

cursos de provisió de places docents, afegint-hi la demanda pedagògica.

Subsidiàriament es pot contemplar una doble figura de professorat, el que actua impartint docència directament (a qui ha d'ésser exigible la condició pedagògica) i l'encarregat de la preparació i suport de la docència (a qui hauria d'ésser preceptiva l'exigència pedagògica parcial), que no ha d'impartir classes directament als estudiants.

Paral·lelament, caldrà dotar els estaments universitaris dels sistemes de suport necessaris. S'haurà de preveure, en aquest punt, la creació o potenciació de centres específics, amb els mitjans i personal adequat per a la preparació del professorat actual i la programació de formació per als futurs professionals.

De manera continuada, però especialment en les èpoques primeres, el contacte amb centres i institucions locals o forans que actuïn en el camp de la pedagogia tècnica ha d'ésser motiu principal d'atenció. L'intercanvi de criteris i idees ha de dur a renovacions de tècniques i mètodes. Els exemples dels ICE, IGIP, SEFI, ASEE i d'altres poden aportar l'experiència d'un llarg camí ja recorregut.

Perquè el sistema sigui eficaç cal que hi hagi un control i una realimentació. El control ha de tenir totes les garanties d'ésser fidel als objectius marcats, intentant amb els mitjans disponibles reflectir periòdicament l'estat de l'aplicació dels coneixements pedagògics a la tasca docent diària.

La característica essencial d'aquest control ha de residir a procurar la millora de la qualitat docent i en cap cas ha d'afectar aspectes contractuals o sancionadors, ans al contrari, correctors.

La posada al dia en pedagogia tècnica és una feina feixuga i complexa que s'ha de realitzar simultàniament a l'activitat docent ordinària. Cal, doncs, establir els condicionadors suficients per a assolir-la. La logística necessària (horaris, locals, incompatibilitats, etc.) ha d'ésser prou àgil per a facilitar aquest procés. La promoció de realització de cursos, estades a centres nacionals o internacionals,

i la participació en congressos, taules rodones i fòrums de debat han d'ésser fortament incentivats. ■

Bibliografia

- BARRACÓ I SERRA, M. «Problemàtica pedagògica a l'ensenyament tècnic». Barcelona: Societat Catalana de Tecnologia, 2001. [Conferència]
- BARRACÓ I SERRA, M.; ADRIÀ CASAS, M. A.; TORRES CÁMARA, R.; SURIÀ LLADÓ, P. «Consideracions sobre la pedagogia a l'educació tècnica universitària». A: *1r Congrés Internacional: Docència universitària e innovació*. Barcelona: Universitat Autònoma de Barcelona. Institut de Ciències de l'Educació: Universitat de Barcelona. Institut de Ciències de l'Educació: Universitat Politècnica de Catalunya. Institut de Ciències de l'Educació, 2000.
- BARRACÓ I SERRA, M.; FABREGAT FILLET, J. *Problemàtica de la formació de criteris tècnics*. Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya. Institut de Ciències de l'Educació, 1995. [Seminaris temàtics]
- BARRACÓ I SERRA, M.; TRILLAS GAY, E.; ADRIÀ CASAS, M. A.; TORRES CÁMARA, R.; SURIÀ LLADÓ, P. «Metodologia de laboratorio. Formación integral». A: *Actes del Symposium d'Innovació Universitària: Disseny, desenvolupament i avaluació del currículum universitari*. Barcelona: Universitat de Barcelona, 1995.
- DUGGAN, T.; MITCHELL, C.; DOS SANTOS, Z. T. «Industry and higher education working together». A: *Proceedings of the 4th World Conference on Engineering Education* (Saint Paul, Minnesota, oct. 15-20). Minneapolis: University of Minnesota, 1995.
- MANUILOV, V. F.; MELEZINEK, A.; PRIKHODKO, V. M. *Professional and pedagogical aspects of engineering education*. Moscou: Russanov Publishing House, 1998.
- MELEZINEK, A. *A model for education training of technical teachers*. Oxford; Nova York: Pergamon Press, 1989.

ORGANITZACIÓ DEL MERCAT D'EXPERIÈNCIES DE TECNOLOGIA A L'ENSENYAMENT SECUNDARI: MERCATEC

Jaume Arcos Viñals

Professor de tecnologia a l'IES Puig i Cadafalch de Mataró

L'origen de la idea

La idea d'organitzar una jornada d'intercanvi de projectes va sorgir dins el Grup de Treball de Tecnologia a l'ESO (activitat inclosa en el Pla de Formació de Zona Maresme I - Mataró que compta amb l'assessorament de l'ICE de la UAB), que es reuneix periòdicament amb la voluntat de ser un punt de trobada de professors i professores de l'àrea de tecnologia de diversos centres educatius del Maresme.

Els membres que al llarg dels anys hem anat formant part del Grup (les activitats es van iniciar el curs 1997-1998) hem experimentat noves metodologies i estratègies, i hem elaborat nous projectes i activitats d'aula. Tots coincidim que aquests projectes, construïts seguint el procés tecnològic, són les activitats que més motiven el nostre alumnat i que més ens ajuden a desenvolupar el currículum.

El Grup de Treball rep també informació i resultats d'aula d'altres professors i professores, però aquest intercanvi d'experiències, si bé el grup és flexible i obert cada any a l'admissió de nous membres, sovint es fa difícil portar a terme. El Grup, doncs, havia de buscar nous canals per conèixer i donar a conèixer totes aquestes activitats d'aula que estàvem segurs que es feien en molts centres educatius i no surten a la llum, o bé per aquella sensació que el que fem diàriament a l'aula no té prou entitat o envergadura per exposar-ho o bé perquè no tenim l'oportunitat o l'espai adequat per fer-ho. Volíem conèixer els projectes senzills, que tots en algun moment hem portat a terme dins d'un crèdit comú o variable, que no necessiten grans recursos i que ens donen bons resultats.

L'organització d'una mostra de projectes podia ser un bon recurs per aconseguir que el Grup de Treball fos un veritable punt de trobada i reflexió per als ensenyants, amb la certesa que el treball en equip i l'intercanvi d'experiències constitueixen una eina important per millorar la qualitat del nostre treball. El fet que els projectes, juntament amb el dossier o memòria escrita, poguessin sortir del marc habitual de l'aula i del mateix centre educatiu representava també un pas endavant per a la promoció i divulgació de l'àrea de tecnologia. Faltava, però,

concretar la participació de l'alumnat. Aquest havia de ser el veritable protagonista, i de bon començament vam pensar que fossin els mateixos alumnes els encarregats d'explicar i mostrar a la resta de visitants, professorat i alumnat, els seus projectes.

Amb aquesta voluntat i aquest desig, el curs 2000-2001 el Grup de Treball va iniciar les seves activitats amb el repte d'organitzar aquesta trobada batejada amb el nom de «Mercat d'Experiències de Tecnologia a l'ESO», Mercatec, que va formar part de les activitats del Pla de Formació de Zona en la modalitat de trobades pedagògiques i d'intercanvi.

Objectius del Mercatec

El Mercatec és una exposició on s'apleguen treballs i projectes de tecnologia realitzats per grups d'alumnes d'ESO i de batxillerat de diversos centres educatius de la comarca del Maresme. Una de les principals innovacions consisteix en el fet que, amb el suport del professorat, són els mateixos alumnes els que s'encarreguen de fer les demostracions i la presentació dels seus projectes al públic visitant.

Què és el Mercatec?

- Un espai per compartir i intercanviar projectes d'aula, i facilitar l'intercanvi d'opinions.
- Un punt de trobada i reflexió per a ensenyants i alumnes.
- Una manera de promoure, divulgar i apropar la tecnologia a la societat.
- Una manera de contribuir a la renovació pedagògica de l'àrea.

A qui va dirigit?

- A alumnes de secundària.
- A docents.
- A pares, mares i públic en general.

Que ofereix?

1. Al professorat:
 - La possibilitat de mostrar, explicar i compartir, fora del marc habitual de l'aula, els projectes i experiències.
 - Conèixer la resta de companys i aprendre d'ells.
 - Conèixer les novetats de materials i recursos educatius per a l'ensenyament de l'àrea.
2. A l'alumnat:
 - Una eina motivadora per a l'aprenentatge de la tecnologia.
3. A pares, mares i públic en general:
 - Conèixer els projectes i les activitats de l'àrea de tecnologia.

El Mercatec intenta tenir en compte dos dels conceptes més importants de la tecnologia: el *procés* i el *producte*. El procés entès com una sèrie lògica de passos que, a partir d'un requeriment donat, condueixen a l'obtenció d'un producte o solució que el satisfà. Determinar un problema, fer-ne la recerca d'informació, generar idees, seleccionar la millor solució, redactar el projecte, realitzar-ne la construcció, fer-ne els assajos corresponents i finalment avaluar el producte són els passos seguits per a l'elaboració de tots els projectes presentats a la mostra. Aquest ha de ser el procés lògic de molts dels aprenentatges de la tecnologia, i la participació en el Mercatec és una eina de motivació important tant per als alumnes com per a tots nosaltres.

El primer Mercatec

Es va celebrar el 3 de maig de 2001 a l'alberg de Can Solaret de Mataró (Ajuntament de Mataró). Fixar la data del Mercatec en el dia 3 de maig no va ser una casualitat. Per una part havíem de deixar temps per a la participació d'aquells projectes elaborats el 1r, el 2n i part del 3r trimestre. Però no podia ser massa tard, ja que això significaria, tal com tenim de ple el calendari escolar, barrejar-ho amb el final de curs i les avaluacions de 2n de Batxillerat, crèdits de síntesi d'ESO, etc.

L'alberg ens va possibilitar descarregar fàcilment els materials. Si bé era allunyat del centre, ens oferia tres sales

contigües, que depenent del número de projectes, podíem ocupar. Tots els participants disposaven, a l'hora de dinar, del menjador de l'alberg o, mitjançant reserva, d'un servei de restauració.

El programa d'activitats del Mercatec començava a les 8.30 h amb el muntatge de les parades i lliurament de la documentació (llistat de participants, número de parada, títol i breu resum de l'experiència, etc.) i la recollida de la memòria escrita de cada treball. De 9 a 10 h, l'obertura i presentació per part dels alumnes de cada projecte a la resta de centres participants. Pensàvem en una breu descripció del projecte (2 o 3 min) i ubicació dins el currículum (curs, crèdit comú o variable, etc.). A les 10 h, un esmorzar per a tots els centres participants, i a les 10.30 h, l'obertura del Mercatec per a tots els visitants.

Hi participaren un total de tretze centres educatius, que presentaren quaranta-dos projectes agrupats en diferents àmbits: tèxtil, habitatge, motors i estructures, energia, electricitat i electrònica, organització industrial, informàtica i altres. Aquesta important participació va desbordar les previsions més optimistes del Grup de Treball i el CRP Maresme - Mataró i va suposar un important esforç d'organització per part de tots.

Cal dir que aquesta primera edició estava oberta únicament a projectes de primer i segon cicle d'ESO. La bona acollida per part del professorat, de l'alumnat participant i dels visitants de la mostra, i la valoració positiva de l'experiència ens va encoratjar a organitzar-ne una segona edició el curs 2001-2002, amb noves idees i millores.

El Mercatec 2002

Aquesta segona edició va tenir lloc a l'Escola Universitària Politècnica de Mataró, els dies 16, 17 i 18 de maig de 2002. Com a novetat respecte al curs passat es va ampliar la mostra a treballs i projectes de batxillerat, i s'augmentà la franja horària de visites incloent-hi el dissabte al matí, perquè els pares i el públic en general tinguessin la possibilitat de visitar l'exposició. També com a novetat es va incorporar el BusTEC, un servei de transport gratuït per a tots els centres participants (no els visitants a la mostra), per facilitar el desplaçament d'alumnat i professorat a la seu de l'exposició.

Així mateix, hi va haver una part dedicada al professorat que desenvolupa activitats específiques: una conferència a càrrec de la doctora Rosa M. Argelaguet, professora titular de l'Escola Universitària Politècnica de Catalunya, amb el títol: «Relació entre els centres de secundària i la universitat; canvis en l'oferta universitària en els darrers temps; necessitat d'adequar-se a la demanda actual», i l'exposició de diferents experiències, presentades pel professorat implicat, des d'un punt de vista metodològic:

1. *Ocell equilibrista* (1r d'ESO). IES Domènech i Montaner. Professors: Francesc Garòfano i Joan Josep Gual.

2. *Joc de pols* (2n d'ESO). IES Miquel Biada. Professors: José Ramos i Pere Manzanos.



FIGURA 1. Inauguració del Mercatec.

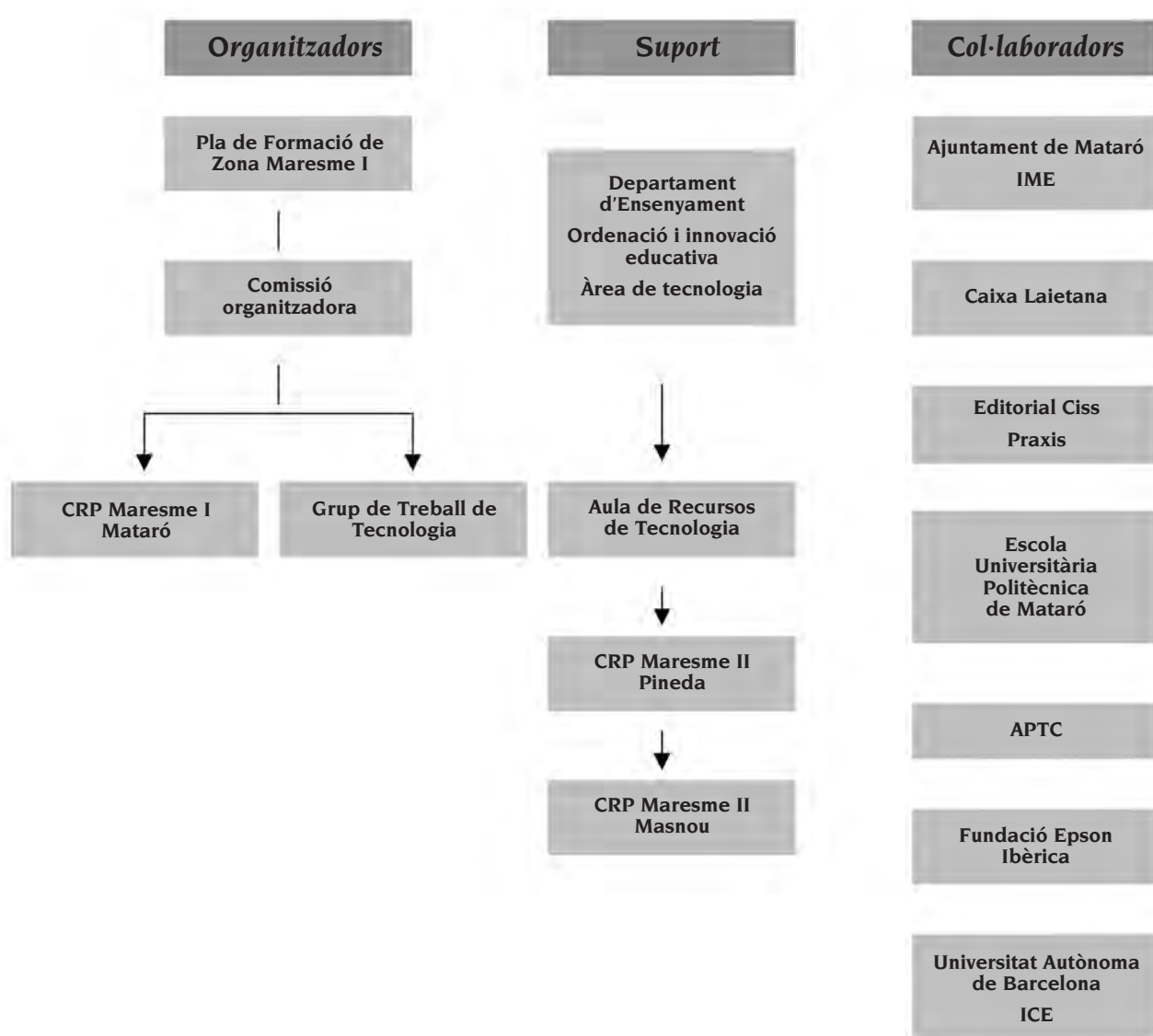


FIGURA 2. Organització del Mercatec.

3. *Amplificador a vàlvules per guitarra elèctrica* (3r d'ESO). Escoles Fonlladosa. Professor: Jordi Prat.

4. *Fabricació d'objectes amb emmotlladora* (4rt d'ESO). IES Domènec Perramon. Professora: Sílvia Zurita.

5. *Control electrònic* (Batxillerat). IES Damià Campeny. Professor: Carles Marrot.

Paral·lelament a tots aquests actes, l'EUPM va organitzar unes activitats complementàries (taller de fibra òptica, taller d'acústica, taller de robòtica i taller de cèl·lula flexible) desenvolupades per professors i alumnes de l'Escola i adreçades tant als alumnes participants, com als visitants.

El Mercatec 2002 va ser organitzat conjuntament pel CRP Maresme I - Mataró i el Grup de Treball de Tecnologia a l'ESO i el batxillerat (inclòs en el Pla de Formació de Zona), amb el suport de la Direcció General d'Ordenació i Innovació Educativa del Departament d'Ensenyament, de l'Aula de Recursos de Tecnologia, els CRP Maresme II i Ma-

resme III i la col·laboració de diferents entitats públiques i privades.



FIGURA 3. Els alumnes presenten breument els seus projectes.



FIGURA 4. Disseny i construcció de diversos objectes i jocs (1r d'ESO).

Les dades de l'edició del curs passat són molt positives: vint-i-un centres educatius que exposaven un total de seixanta-set projectes, amb trenta-tres professors implicats i dos-cents seixanta alumnes aproximadament que presentaven els projectes. Un total de divuit centres visitants (disset de la comarca, un de Girona) i més de vuit-cents alumnes que van visitar l'exposició durant els dos dies de Mercatec. Tot un èxit de participació.

Aportacions a la innovació i millora educativa que ha permès el Mercatec

En relació amb l'alumnat

La participació dels alumnes ha estimulat la implicació i motivació en el treball a l'aula, tant individual com de grup. Ha potenciat l'autonomia i la responsabilitat en la realització



Figura 5. Maqueta d'un habitatge amb distribució i decoració (3r d'ESO).

ció dels projectes, que s'ha vist incrementada pel fet d'haver-los de presentar públicament, fet que constituïa una experiència innovadora. En conjunt, s'ha promogut l'adquisició de les capacitats clau, entre d'altres, de treball en equip, d'autonomia, de responsabilitat sobre el propi treball, etc.

En relació amb el professorat

L'intercanvi d'opinions i experiències entre els professors participants i visitants ha contribuït a la construcció de xarxes de comunicació entre centres; ha introduït elements dinamitzadors i de col·laboració en el si dels departaments de tecnologia; ha afavorit el coneixement més aprofundit i l'adequada valoració del treball dels professors de tecnologia en els propis claustres, i ha potenciat la creativitat i la innovació en el disseny i metodologies dels projectes a treballar a l'aula.

En relació amb l'àrea

El fet que el treball d'aula hagi pogut sortir del marc de l'escola ha constituït un estímul per desenvolupar aspectes d'innovació pedagògica. Tanmateix, ha potenciat la participació en activitats formatives, amb la incorporació de nous membres al Grup de Treball ja existent o amb la creació de nous equips de treball; ha contribuït a crear elements d'identificació de l'àrea, la qual cosa ha ajudat a dinamitzar-la i a donar credibilitat als seus continguts. La realització d'aquest tipus d'intercanvi d'experiències estimula la difusió de la pràctica a altres zones.

Valoració global i projectes de futur

Considerem que en els dos anys de celebració del Mercatec s'han assolit els objectius previstos. La iniciativa sempre ha

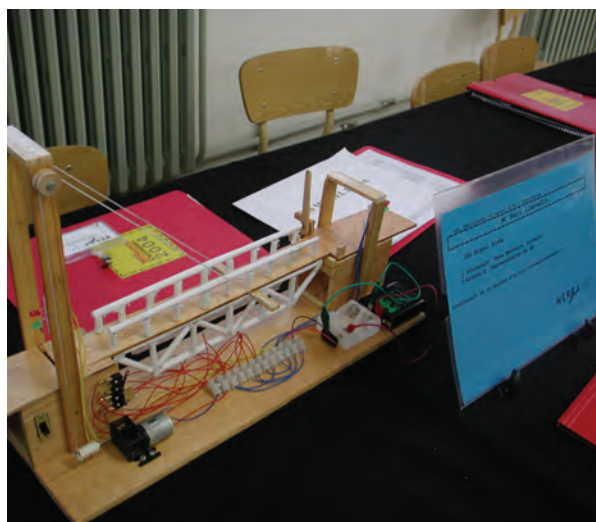


FIGURA 6. Pont llevadís (4t d'ESO).



FIGURA 7. Disseny i construcció de forns solars (3r d'ESO).

estat molt ben acollida pels centres, i ha possibilitat un alt grau de participació de professorat i alumnat, tenint en compte que en molts casos procedien de poblacions allunyades de Mataró. En aquest sentit, tots plegats, professorat i alumnat, hem tingut l'oportunitat d'intercanviar i compartir les experiències. Creiem, a més, que el bloc dedicat a la formació del professorat ha afavorit i potenciat la reflexió conjunta al voltant del present i futur de l'àrea, i ha permès conèixer els objectius plantejats i la metodologia emprada en els projectes més innovadors, la qual cosa contribueix a la renovació pedagògica de l'àrea.

El projecte més innovador per a aquest curs 2002-2003 és posar en funcionament, amb la col·laboració de la Subdirecció General de TIC del Departament d'Ensenyament, el Mercatec *on line*; és a dir, elaborar una pàgina web que, integrada dins de la pàgina del Mercatec, reculli tot el material de l'edició de l'any passat i serveixi com a recurs didàctic per a les classes de tecnologia i com a referent de consulta per al professorat.

Finalment, cal apuntar que el Mercatec s'ha consolidat com un referent d'innovació i d'intercanvi important dins



FIGURA 9. Vista general d'una part de la sala de projectes.

l'àrea de tecnologia, i la seva organització sobrepassa l'àmbit organitzatiu que pot oferir el Grup de Treball i el mateix CRP. Per aquest motiu i per dotar-lo d'un infraestructura organitzativa més professional, el Mercatec 2003 serà coorganitzat i finançat conjuntament per la Fundació Epson Ibèrica i la Direcció General d'Ordenació i Innovació Educativa del Departament d'Ensenyament, que no únicament n'assegura la continuïtat, sinó que marca com a objectiu la creació de nous Mercatec que puguin sorgir darrere de grups de treball de tecnologia engrescats amb la idea, o grups de professors animats a potenciar la tecnologia en la seva comarca.

Des d'aquí vull agrair la feina de tots els membres del Grup de Treball de Tecnologia, i de tots aquells que han fet possible que aquesta idea fos una realitat; molt especialment de la M. Rosa Betran, coordinadora del Grup i de la comissió organitzadora del Mercatec; de l'Alicia Plana, del CRP Maresme I - Mataró, i d'en Juan Garcia, de l'Escola Universitària Politècnica de Mataró, sense oblidar tots els professors i alumnes participants en el Mercatec, perquè ells n'han estat els veritables protagonistes. ■



FIGURA 8. Mostres de diferents teixits realitzats per les alumnes (2n d'ESO).

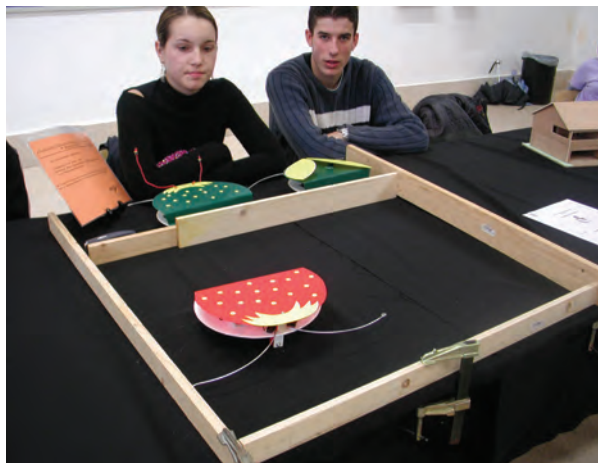


FIGURA 10. Robot «marieta» que evita obstacles (4t d'ESO).

III JORNADA DE TECNOLOGIA. PRESENT I FUTUR DE L'EDUCACIÓ TECNOLÒGICA

Roger Hoyos

Professor de tecnologia a l'IES Sant Adrià de Sant Adrià de Besòs

Aquest és el tema que va centrar els debats i les activitats desenvolupades el dissabte 17 de maig de 2003 a la seu de l'Institut d'Estudis Catalans dins una jornada tecnològica organitzada conjuntament per l'Associació del Professorat de Tecnologia de Catalunya (APTC) i la Societat Catalana de Tecnologia (SCT), filial de l'Institut d'Estudis Catalans.

El tema d'aquesta tercera jornada tecnològica de l'APTC, segona que coorganitza amb la SCT, va ser emmarcat per la valoració de l'experiència obtinguda després de la incorporació de l'educació tecnològica a l'ensenyament secundari i per l'establiment de quines n'haurien de ser les bases futures de desenvolupament, tenint en compte els canvis normatius que darrerament estan afectant el sistema educatiu en general.

Al voltant d'un centenar d'assistents, majoritàriament professorat de tecnologia a l'ensenyament secundari, tot i que hi havia també alguns representants de l'ensenyament universitari i d'altres sectors implicats en l'educació tecnològica, es van distribuir entre quatre taules de debat. Els temes i la composició de cadascuna de les taules van ser els següents:

Taula 1: «La tecnologia és un itinerari o una formació bàsica per a l'alumnat?». Ponent: Rosa M. Palacios; moderador: Jordi Escudero.

Taula 2: «Quines matèries són més adients per cursar una carrera tècnica?». Ponent: Salvador Cardona; moderador: David Atzet.

Taula 3: «L'aula de tecnologia i les TIC són compatibles?». Ponents: Jordi Orts i Rosa Argelaguet; moderador: Llorenç Sans.

Taula 4: «El model català d'ensenyament de la tecnologia. Comparació amb d'altres comunitats d'Espanya i d'Europa». Ponent: Jordi Font; moderador: Joan Serra.

Els debats van tenir una primera fase presencial, amb l'establiment d'unes conclusions provisionals, i

una segona fase virtual, que es va perllongar durant les cinc setmanes posteriors, a través de fòrums específics ubicats al web de l'APTC, que donaren lloc a unes conclusions definitives.

Un resum d'algunes de les aportacions més destacades podria ser el següent:¹

— Comença a ser esgotador haver de defensar contínuament la importància de la presència de l'educació tecnològica dins els currículums, cosa que no passa amb cap de les altres matèries ja consolidades. Malgrat això, s'insisteix en el fet que la tecnologia és, des de sempre, un dels elements que més han capacitat la humanitat per canviar la realitat i, per tant, és desitjable un control democràtic sobre la seva utilització. Per poder exercir aquest control democràtic és imprescindible que les societats disposin d'una formació tecnològica adequada. A més, l'alfabetització tecnològica de la població augmenta el nivell cultural de les societats i dificulta l'aparició d'exclusió i de diferències socials. Per tot això, es considera que l'educació tecnològica és una formació bàsica per a tot l'alumnat a les etapes obligatòries i un itinerari per orientar i preparar l'alumnat per a la realització d'estudis posteriors a les etapes postobligatòries.

— Un dels principals perills per a la continuïtat i la potenciació de la tecnologia a l'ensenyament és la confusió entre educació tecnològica i manualitats. El principal factor de distinció entre aquestes dues opcions és la utilització del *procés tecnològic* (l'equivalent del mètode científic) com a eina didàctica i com a context per a l'adquisició dels continguts curriculars.

— Potser pel desconeixement que encara hi ha entre una part important del professorat universitari respecte al batxillerat tecnològic, o per la inèrcia de l'antic COU, s'evidencien diferències de criteri entre l'ensenyament secundari actual i el món universitari, a l'hora de determinar el perfil del futur estudiant de carreres tècniques. Especialment pel que fa a la dicotomia teoria/pràctica. Un millor coneixement de les matèries lligades a l'opció del batxillerat tecnològic, l'establiment de la tecnologia industrial juntament amb les matemàtiques i la física com a matèries troncales i les possibilitats reals de cursar una tria d'altres

1. Els continguts complets de les ponències i les conclusions definitives un cop tancades les taules rodones virtuals es publicaran a la revista digital de l'APTC, consultable al web <http://www.aptc.net>.

matèries com la mecànica, l'electrotècnia, l'electrònica, etc., juntament amb una clara definició de la futura prova general de batxillerat (PGB) o revàlida, que inclogui continguts teoricopràctics de tecnologia, s'apunten com la millor solució per a la preparació dels futurs estudiants de carreres tècniques.

— Es constata que les administracions educatives confonen (innocentment o intencionada) les TIC amb la tecnologia. La tecnologia informàtica, el control de processos per ordinador, el programari de disseny i simulació, etc., sí que es consideren continguts propis de l'àrea de tecnologia. L'alfabetització informàtica, entesa com la formació d'usuaris, correspon a totes les àrees curriculars i especialment a l'ensenyament primari. La informàtica és una eina més d'aprenentatge i no pas una matèria objecte d'estudi acadèmic. Els continguts en TIC han estat «embotits» dins els currículums de tecnologia sense un increment del temps de dedicació de l'alumnat. Davant d'això només hi ha dues possibilitats: incrementar la dedicació de l'alumnat a la matèria o incorporar els continguts de les TIC a totes les matèries. Qualsevol de les solucions ha de passar necessàriament per un increment de recursos materials a les aules, un manteniment adequat assegurat i un pla exhaustiu de formació de tot el professorat.

— Hi ha coincidència que l'Administració catalana va apostar fort per la tecnologia pel que fa a les dotacions materials dels centres públics i que, en els concertats, va millorant de mica en mica. Es constata, però, que aquest esforç no ha anat acompanyat d'una política efectiva pel que fa als recursos humans, la qual cosa afecta greument la qualitat i la imatge pública de la matèria. Es denuncia que, a diferència d'altres matèries, hi ha massa titulacions acadèmiques

que donen accés a la seva docència sense una formació acadèmica inicial adequada; que continua sense exigir-se cap curs d'adaptació pedagògica; que hi ha massa professorat desmotivats impartint la matèria (la majoria, arran de desplaçaments forçosos i habilitacions) sense haver rebut cap formació específica. La limitació de les titulacions que hi donen accés, l'exigència de cursos de qualificació pedagògica i d'actualització científica, però molt especialment de didàctica, que sigui capaç de motivar el professorat que s'incorpora, l'establiment de la carrera professional i de les avaluacions externes, i la creació d'una Càtedra de Didàctica de la Tecnologia s'apunten com a vies per a la potenciació del model català d'ensenyament de la tecnologia.

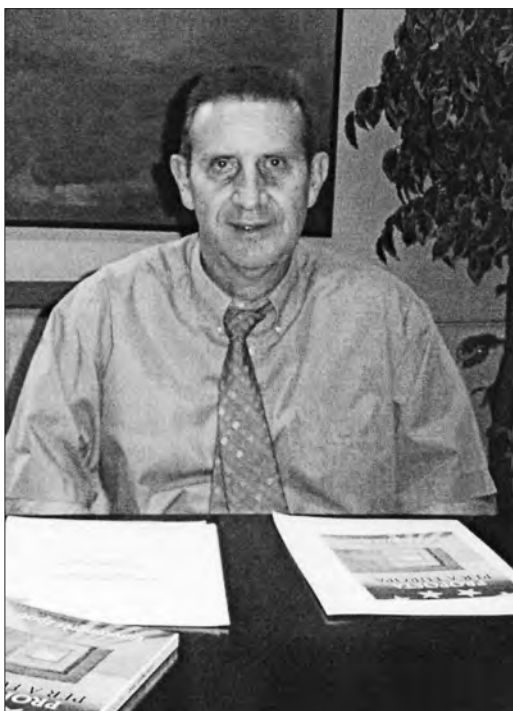
— La llei de qualitat (LOCE) i l'estructuració que fa dels itineraris afecta greument la concepció de l'educació tecnològica que s'ha consolidat darrerament a Catalunya. Cal lluitar en l'àmbit català per no perdre el potencial formatiu de la tecnologia a l'ESO, perquè no sigui deslligada de l'estudi de les matemàtiques i les ciències, i perquè al batxillerat continuï sent una opció de primera línia dins l'àmbit científicotècnic.

A la jornada, que va ser presentada pel senyor Estanislau Tomàs, president de la SCT, i inaugurada pel senyor Joaquim Agulló, president de la Secció de Ciència i Tecnologia de l'IEC, hi van ser presents diverses empreses productores de material didàctic, que mostraren els seus productes als assistents, i el senyor Joan Busquets, que va presentar les novetats de l'Aula de Recursos de Tecnologia. La cloenda va ser a càrrec del senyor Ramon Izquierdo, president de l'APTC, que va fer un resum de les darreres activitats realitzades per l'Associació i va animar a la participació activa del col·lectiu en els debats virtuals posteriors. ■

ENTREVISTA A JOAN AMORÓS

Joan Amat

Departament d'Enginyeria de Sistemes, Automàtica i Informàtica Industrial. Universitat Politècnica de Catalunya



Joan Amorós i Pla, nascut a Barcelona el 1938, és enginyer industrial per l'ETSEI de Barcelona (1963). Des de 1964 fins a 1967 treballà a Rockwell-Cerdans, SA; el 1968, a Frisa, i des de 1969 fins a 1982 treballà a Motor Ibérica, en la fabricació d'automòbils. Des de 1982 fins a 2001, ja com a Nissan, en va ser director tècnic, i des de 1996, conseller delegat. El 1999 fou nomenat director executiu de l'Eurocongrés 2000, que va presentar les seves conclusions al Palau de la Música Catalana de Barcelona el 5 d'abril de 2003.

Per la vostra llarga experiència professional dins el camp de l'automoció, podrieu fer una valoració dels impactes dels avenços tecnològics dels darrers anys?

Les noves tecnologies han influït molt en la millora dels processos productius, però jo crec que un pas molt rellevant ha sigut el canvi de cultura empresarial, una gestió més participativa on la gent s'involucra més, on les empreses són cada vegada més un ens pensant. La clau és el capital humà, un capital que degudament motivat i organitzat fa que les empreses tinguin realment èxit.

En el sector de l'automoció, on es treballa realment al límit per aconseguir uns resultats positius, on el mercat obliga a una contínua renovació del producte, on cada canvi comporta unes fortes inversions, a part d'haver d'utilitzar tots els recursos tecnològics, s'han hagut d'introduir forts canvis estructurals. Però això és totalment insuficient; sense un capital humà ben potenciat, les estratègies del *just-in-time* o l'enginyeria simultània per si soles no funcionen.

Com s'aconsegueix potenciar aquest capital humà?

Nosaltres, en incorporar un soci japonès, vam començar a canviar progressivament la mentalitat del personal en tots els àmbits, des del fet de no fumar als tallers, fins a la neteja: que l'entorn de treball sigui impecable. Des d'aquestes coses tan elementals vam poder anar progressant en tots els camps: en la gestió integral i participativa, en l'automanteniment, i anar canviant tota la mentalitat de l'empresa, unificant maneres de fer de gent que s'havia anat incorporant a l'empresa des de molt diverses procedències i amb maneres de fer molt diferents. Es va posar en marxa un pla de formació que incloïa des dels operaris, comandaments intermedis, fins als equips directius, que aconseguí fer un equip de treball homogeni més preparat i més eficaç.

Aquesta transformació de mentalitat i manera de fer va estar centrada en el sector de l'automoció o va ser un procés de canvi més generalitzat?

No, aquest procés es va anar estenent. Jo mateix hi vaig participar molt activament. Un cop assolits aquests objectius i comprovada l'eficàcia de tota aquesta transformació, en vaig parlar amb el director del CIDEM, que s'hi va interessar molt, i es va considerar que convindria que aquest procés es pogués escampar per tot Catalunya, amb l'impuls de la Generalitat d'un pla de desenvolupament. Es va fer una publicació el 1998, *La nova cultura empresarial, una resposta als reptes del segle XXI*, de la qual vaig ser el coordinador, i de la qual ja s'han fet tres edicions (l'última en castellà). Es va complementar amb un seguit de conferències i jornades. Això jo crec que va funcionar bé, i crec que el desenvolupament empresarial, ara, a Catalunya, ja ha assolit comparativament el nivell europeu, i potser fins i tot és millor que en d'altres països europeus.

En un àmbit ja més estrictament tecnològic, quin dels avenços dels últims anys creieu que ha portat canvis més importants als processos productius?

Potser la informatització massiva. Més que el control numèric o la robòtica, la introducció de la informàtica en tots els àmbits, la informàtica distribuïda, la introducció de les bases de dades corporatives, han suposat uns canvis molt importants. I aquest canvi, on potser ha estat més important, ha estat en els departaments de disseny.

I en l'aspecte tecnològic, com veieu el nivell al nostre país?

En el nivell tecnològic del nostre país, des del meu punt de vista, veig que no hi ha grans diferències respecte d'altres països més avançats. On veig més diferències és en el balanç tecnològic. Catalunya importa tecnologia. El nostre balanç tecnològic és negatiu, però de fet, la major part dels països europeus tenen també un balanç negatiu.

Les empreses tenen tres potes que les aguanten: la tecnologia, la cultura d'empresa i la capacitat d'introduir-se al mercat. A Catalunya la pota que més fluïxeja es la primera, la tecnologia.

Per poder potenciar aquest aspecte, què creieu que cal fer?

Invertir, invertir i invertir. Hauria d'haver-hi uns plans de desenvolupament molt més concrets, i els empresaris s'haurien de preguntar més sovint què val la seva empresa. El que val una empresa no és clar que sols es dedueixi de criteris comptables. Hi ha un intangible que és la informació que és captada.

Com es pot obtenir el valor d'una empresa?

Per obtenir el valor d'una empresa, a part dels criteris comptables, cal tenir en compte la seva capacitat en R+D+I, que és molt important. Però jo crec que el clàssic R+D+I ha de ser encara ampliat. És el que en dic el R+D+4I. En dic «4 I» perquè a més de la *i* d'innovació, una empresa també se l'ha de valorar per la *i* de la seva identitat, que està constituïda entre d'altres factors, pel capital humà i la cultura de l'empresa. L'altra *i* és la capacitat d'incidència. Si una empresa no té capacitat d'incidència, si no està internacionalitzada, tindrà un camp molt limitat; la incidència és una *i* molt important. Finalment, l'última *i* és la de les infraestructures de l'entorn. No és el mateix una empresa en un entorn industrial, que en un desert. I tan important és aquest entorn industrial com les infraestructures de què disposa.

Quines serien les principals mancances en les nostres infraestructures?

Tenim mancances en infraestructures de tota mena. S'han fet esforços per dotar el nostre país de nous centres de recerca i centres tecnològics, però segurament els principals dèficits que tenim en infraestructures a Catalunya són en

infraestructures logístiques. Vam disposar en el seu dia d'una xarxa d'autopistes gràcies al fet que van ser finançades pel Banc Mundial per potenciar l'arc mediterrani, però aquestes autopistes actualment estan completament saturades. Actualment passen per la Jonquera deu mil camions al dia. Això és causat per les deficiències de la xarxa ferroviària i els problemes derivats de l'amplada de via. Això fa que tot el tràfic marítim est-oest que passa pel Mediterrani, i que actualment ja representa un terç del tràfic marítim mundial, passi per davant dels nostres ports, i vagi a descarregar als ports del nord d'Europa. Les nostres mancances de la xarxa ferroviària són importants, però també a la banda francesa. Tampoc no tenim un aeroport intercontinental.

De la mateixa manera que el nostre país té una identitat, la nostra indústria també té una identitat?

Jo crec que industrialment la nostra gran identitat és, en primer lloc, la nostra capacitat de treballar bé, i en segon lloc, la nostra diversitat. No és gens usual trobar enlloc una regió tan diversificada industrialment com la nostra, amb un nombre de sectors empresarials tan ampli. Sectors que van des del químic, el farmacèutic, passant pel metal·lúrgic, el tèxtil o l'elèctric, fins a l'alimentari, per exemple. Només hi ha un punt dèbil en la indústria catalana, que és l'aeronàutica i la de l'espai, on estem molt endarrerits.

En els treballs recentment finalitzats de l'Eurocongrés 2000, que vau presidir, es va treballar també tota aquesta problemàtica?

A les conclusions de l'Eurocongrés 2000 es van proposar unes grans línies d'acció, amb una sèrie de punts més bàsics, com avançar cap a la transformació de la Unió Europea en una estructura més federal o confederal, amb igualtat de condicions de totes les identitats culturals que la integren, i el reconeixement de les seves llengües. I d'entre els aspectes comentats, el foment de la nova cultura empresarial; l'estímul de la recerca i la innovació, el foment de l'esperit emprenedor i la creació d'empreses, i la impulsio del pacte social en l'àmbit europeu. També el desenvolupament sostenible, econòmic i energètic; la gestió i potenciació de les infraestructures, fomentant les xarxes bàsiques de transport reticulars i policèntriques, el transport ferroviari, etc.

Després de la presentació de les conclusions, us sentiu optimista?

Sí. Jo confio en el potencial del nostre país, per la nostra capacitat de treball, l'eficàcia de la gent emprenedora, i la seva iniciativa. Només hi ha un aspecte negatiu: la baixa natalitat, però que espero que podrà ser compensada amb la immigració, tot i que cal esmerçar esforços en la seva integració. Cal buscar aliats a Europa, però ara és l'hora d'ocupar el lloc que ens toca a Europa. ■

ACTUALITAT

Conferències i altres activitats organitzades per la Societat Catalana de Tecnologia

- Enric PALLARÉS, de la Fundació Parc Aeronàutic de Catalunya: «Els inicis de l'aviació a Catalunya». Institut d'Estudis Catalans, Barcelona, 20 de febrer de 2002.
- Josep AMAT, catedràtic de la Universitat Politècnica de Catalunya: «El tractament d'imatges en el camp de la medicina». Institut d'Estudis Catalans, Barcelona, 14 de març de 2002.
- Miquel BARCELÓ, professor de la Universitat Politècnica de Catalunya: «Tecnologia i ficció». Institut d'Estudis Catalans, Barcelona, 18 d'abril de 2002.
- Francesc NICOLAU, llicenciat en ciències matemàtiques: «Les zones acústiques i les ones electromagnètiques en les seves aplicacions a la física i l'astronomia». Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Industrial de Barcelona, Universitat Politècnica de Catalunya, 22 d'abril de 2002.
- Domènec CUCURULL, cap del Servei del Medi Ambient: «La tècnica i l'enginyeria en Gaudí». Institut d'Estudis Catalans, Barcelona, 18 de setembre de 2002.
- Josep GÓMEZ, catedràtic de la Universitat Politècnica de Catalunya: «La tècnica i l'enginyeria en Gaudí». Institut d'Estudis Catalans, Barcelona, 18 de setembre de 2002.
- Lluís PUIGJANER, de la Universitat Politècnica de Catalunya: «Contaminació industrial i minera. Valoració de residus sòlids industrials». Institut d'Estudis Catalans, 17 d'octubre de 2002. (Dins del cicle de conferències «La Terra i el medi»)
- Josep FONT, de la Universitat Politècnica de Catalunya: «La mineria: impacte i restauració dels sòls». Institut d'Estudis Catalans, 17 d'octubre de 2002. (Dins de les Jornades «La Terra i el medi»)
- Òscar ACEVES, enginyer industrial i director general de TFM: «Energia solar fotovoltaica en el medi urbà». Institut d'Estudis Catalans, 12 de novembre de 2002.
- Joan OLIVELLA, enginyer industrial de BAME, SA de Barcelona: «Estratègies per a una ràpida integració de l'estudiant d'enginyeria en el món laboral». Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Industrial de Barcelona, 13 de novembre de 2002.
- Mariano BARRIENDOS, del Departament d'Astronomia i Meteorologia de la Universitat de Barcelona: «Canvi climàtic. Conceptes, tècniques d'estudi i comportaments coneguts». Institut d'Estudis Catalans, 15 de gener de 2003.
- Josep M. SELGA, doctor enginyer de telecomunicacions: «Mites i realitats en les tendències de les tecnologies de telecomunicacions». Institut d'Estudis Catalans, 20 de febrer de 2003.
- Jaume MINGUELLA, director tècnic de Information & Image Management Systems, SA: «Aplicació de la informàtica en l'exercici mèdic, la telemedicina, la tele-assistència i l'arxiu d'informació i imatge». Institut d'Estudis Catalans, 1 d'abril de 2003.
- Joan MARGARIT, catedràtic de la Universitat Politècnica de Catalunya: «Viure amb la poesia i el càlcul». Amb la presentació del senyor Jaume SUBIRANA. Institut d'Estudis Catalans, 5 de maig de 2003.
- Fermí JIMÉNEZ, enginyer industrial a Norma Wind: «Problemes de soroll en aerogeneradors». Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Industrial, 9 de maig de 2003.
- Klaus SCHILLING, de l'Steinbeis Transferzentrum ARS / Julius-Maximilians-Universität Würzburg: «Autonomous and tele-operated robots: Applications in space exploration, industry, and education». Facultat de Matemàtiques i Estadística de la Universitat Politècnica de Catalunya, 30 de maig de 2003.
- Josep Anton PLANELL, catedràtic de la Universitat Politècnica de Catalunya: «El futur dels biomaterials: Confluència entre la biologia cel·lular i la nanotecnologia». Institut d'Estudis Catalans, 3 de juny de 2003.
- Jordi SISTERÓ, enginyer industrial, cap de planificació estratègica del Port de Barcelona i professor de la Universitat Politècnica de Catalunya: «Planificació estratègica del Port de Barcelona». Institut d'Estudis Catalans, 25 de setembre de 2003.
- Jesús HERNÁNDEZ, enginyer industrial del Departament d'Energia Elèctrica de la Universitat Politècnica de Catalunya: «L'hidrogen com a nou vector energètic. Funcionament i aplicació al transport de les piles de combustible». Institut d'Estudis Catalans, 16 d'octubre de 2003.

- Jesús E. DOMÈNECH, enginyer industrial de l'empresa Wendt Samedí: «Sistema hidràulic o sistema elèctric? Criteris actuals per resoldre aquest dilema en premisses». Escola d'Enginyeria Industrial, 12 de novembre de 2003.
- Tomás LOZANO-PÉREZ, professor de l'Institut Massachussets de Tecnologia (MIT), membre de l'Associació Americana d'Intel·ligència Artificial: «L'aprenentatge automàtic en aplicacions biomèdiques». Institut d'Estudis Catalans, 3 de desembre de 2003.
- Jaume SANÉ, enginyer tècnic: «La contaminació lumínica». Institut d'Estudis Catalans, 14 de gener de 2004.
- Rafael PINDADO, director de l'Escola d'Enginyeria Tècnica Industrial de Terrassa, Universitat Politècnica de Catalunya: «La declaració de Bolonya i la seva incidència sobre el sistema educatiu». Institut d'Estudis Catalans, 28 de gener de 2004.
- Josep AMAT, catedràtic de la Universitat Politècnica de Catalunya: «Alternatives tecnològiques i capacitats de la robòtica submarina en la catàstrofe del *Prestige*». Institut d'Estudis Catalans, 12 de febrer de 2004.
- Víctor FIBLA, enginyer tècnic en propulsió i sistemes dels vaixells: «Aplicació de propulsors elèctrics azimuthals en un vaixell metaner». Institut d'Estudis Catalans, 21 d'abril de 2004.
- Joan RIUS-CAMPS, doctor arquitecte: «Mètodes d'insonorització de locals». Escola d'Enginyeria Industrial, 30 d'abril de 2004.
- Yuko HARAYAMA, professora de la Universitat de Tohoku (Japó): «Business incubator supported by University», i Elias KOULOUMIS, mànager adjunt del Centre de Recerca i Incubació ERMIS (Xipre): «Business incubator as the result of a government initiative to support high technology start-ups», en la sessió «Suport a la creació d'empreses de base tecnològica. Una visió internacional», presentada per Francesc SOLÉ PARELLADA. Institut d'Estudis Catalans, 11 de maig de 2004.
- Paul MILGRAM, professor del Departament d'Enginyeria Mecànica i Industrial de la Universitat de Toronto: «Engineering psychology research for developing human-machine interfaces for mixed reality applications». Facultat de Matemàtiques i Estadística de la Universitat Politècnica de Catalunya, 28 de juny de 2004.

III Jornada de Tecnologia de la SCT

«Present i futur de l'educació tecnològica». Organitzada conjuntament amb l'Associació de Professorat de Tecnologia de Catalunya. Institut d'Estudis Catalans, 17 de maig de 2003. Els temes tractats foren:

- «La tecnologia és un itinerari o una formació bàsica per a l'alumnat?». Ponent: Rosa M. Palacios; moderador: Jordi Escudero.

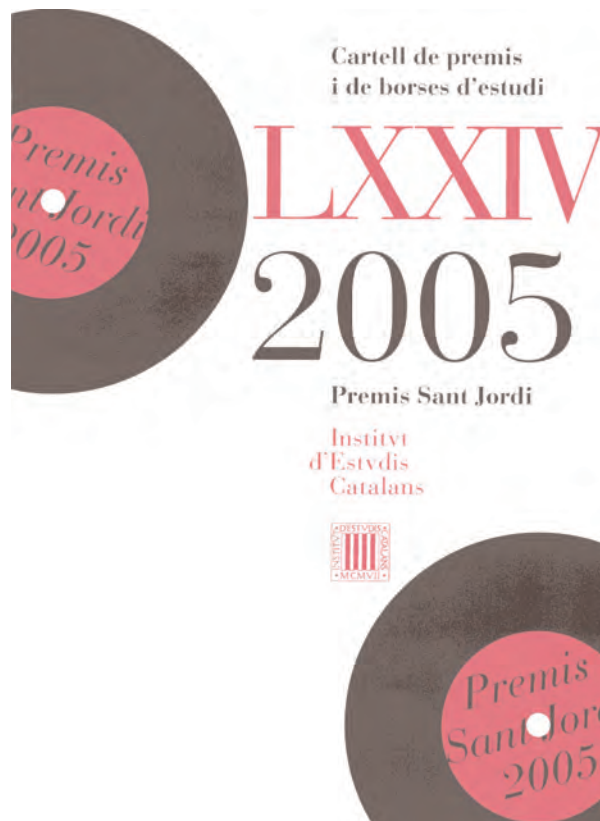
- «Quines matèries són les més adients per cursar una carrera tècnica?». Ponent: Salvador Cardona; moderador: David Atzet.
- «L'aula de tecnologia i les TIC són compatibles?». Ponents: Jordi Orts i Rosa Argelaguet; moderador: Llorenç Sans.
- «El model català d'ensenyament de la tecnologia. Comparació amb d'altres comunitats d'Espanya i d'Europa». Ponent: Jordi Font; moderador: Joan Serra.

Exposició

«Els pioners del correu aeri». Organitzada per la Fundació Parc Aeronàutic de Catalunya a la seu de l'Institut d'Estudis Catalans. Període: del 7 de juny al 7 de juliol de 2001.

Premis

PREMI DE LA SOCIETAT CATALANA DE TECNOLOGIA DE L'INSTITUT D'ESTUDIS CATALANS



La SCT, dins el marc de premis per a estudiants de l'Institut d'Estudis Catalans, convoca anualment el premi instituit l'any 1969. Enguany es convoca, per tant, per trenta-quatre vegada.

El premi està destinat a reconèixer un treball d'investigació, bibliogràfic o d'assaig sobre tecnologia. El treball ha

de ser redactat en català i elaborat abans d'aquesta convocatòria. No es tindran en compte els treballs ja premiats anteriorment o subvencionats per l'Institut o una altra institució. Està adreçat a estudiants universitaris i a persones titulades des de l'1 de gener de 2000.

La dotació del premi és de 600 €. Es poden concedir fins a dos accèssits.

Termini d'entrega de la documentació: 1 de desembre de 2004

Lliurament dels premis: 22 d'abril de 2005

Per a més informació: <http://www.iecat.net>

El Premi per a estudiants de la Societat Catalana de Tecnologia 2003 va ser concedit *ex aequo* als treballs «Estudi de la viabilitat tècnica i econòmica de l'aplicació de propulsors azimuthals accionats elèctricament en un vaixell metaner», del senyor Víctor Fibla i Coloma, i a «Mesura de la temperatura interna en dispositius de potència», del senyor Xavier Perpiñà i Giribet.

5è PREMI UPC DE CIÈNCIA I TECNOLOGIA PER A ESTUDIANTS DE BATXILLERAT



La Universitat Politècnica de Catalunya, amb el suport del Consell Social de la Universitat Politècnica de Catalunya, convoca el 5è Premi UPC de Ciència i Tecnologia amb l'objectiu de potenciar l'interès dels alumnes de secundària per les àrees de la ciència i de la tecnologia i incentivar la tasca educativa que es porta a terme als centres de secundària en aquest àmbit.

S'atorgaran premis als alumnes que presentin els millors treballs de recerca de batxillerat de les modalitats de tecnologia o de ciències de la naturalesa i de la salut, en la vessant de les ciències aplicades.

Els treballs es poden presentar en forma de text, maqueta, etc., sempre acompanyats d'una memòria explicativa.

El premi són un ordinador personal per al guanyador i un altre per al tutor del treball, i quatre beques per als estudis de la Universitat Politècnica de Catalunya per als quatre finalistes. Tots els participants seran obsequiats amb una entrada al Museu de la Ciència i de la Tècnica.

Termini d'entrega de la documentació: Vegeu la web

Lliurament dels premis: Juny de 2005

Per a més informació: Pla de Promoció dels Estudis de la Universitat Politècnica de Catalunya

Tel.: 934 011 662

A/l: <http://www.upc.edu/acces>

A/e: pla.promocio@upc.es

Els premis atorgats el 2003 van ser:

Primer Premi: «Disseny i construcció d'un sistema de refrigeració líquida per a un ordinador», realitzat per Raül Pujol. Tutor del treball: Federico Luque, de l'IES Ramón Muntaner.

Segon Premi: «Un altímetre mandrós: Sistemes de mesura altitudinal», realitzat per Andrés Alvarruiz. Tutor del treball: Dolors Boleda, de l'IES Escola Pia de Granollers.

Tercer Premi: «Prototipus de premsa automàtica per a trencar avellanes», realitzat per Óscar Durro. Tutor del treball: Ricardo Roig, de l'Escola Vedruna-Gràcia.

Quart premi: «Sistemes de propulsió aerospacials», realitzat per Nil Anglís. Tutor del treball: Josep Ametlla, de l'IES Manolo Hugué.

Premi especial: «Percolare», realitzat per Júlia Gens i Miriam Roure. Tutor del treball: Luís Carlos Pardo, de l'Escola Europea.

PREMIS DE LA FUNDACIÓ EPSON

Anualment la Fundació Epson organitza la convocatòria de premis relacionats amb la tecnologia en diferents nivells del procés de formació, i amb altres camps on la tecnologia pot incidir. Se'n descriuen les dades bàsiques i indicacions perquè els possibles interessats puguin obtenir més informació.

Premis José Cantero



Es convoca la cinquena edició dels premis José Cantero per distingir els millors treballs d'estudi i investigació en l'àmbit de les tecnologies i el seu impacte en la societat.

Els premis estan adreçats a alumnes de batxillerat i cicles formatius de grau superior, i als seus professors i als centres docents, per la seva funció de formació en la recerca.

Es concediran cinc premis que consistiran, cadascun, en un lot de material informàtic valorat en 1.230 €, i que es distribuïran entre l'autor o autors, el tutor o tutors i el centre.

Calendari: Publicació oficial de la convocatòria: 16 de setembre de 2004

Termini d'entrega de la documentació: 8 d'abril de 2005

Notificació del jurat: 31 de maig de 2005

Premis Rosina Ribalta



Es convoca la sisena edició de premis als millors projectes de tesis doctorals en l'àmbit de les tecnologies de la informació i les comunicacions.

Es concedeixen dos premis, de 12.000 € i 6.000 € respectivament, que estan adreçats a doctorands de qualsevol universitat espanyola o portuguesa, dintre de l'àmbit de les tecnologies de la informació i les comunicacions. Els projectes poden estar en qualsevol estat de realització, i els pagaments es vincularan a l'estat del desenvolupament.

Calendari: Publicació oficial de la convocatòria: 16 de setembre de 2004

Termini d'entrega de la documentació: 25 de febrer de 2005

Notificació del jurat: 31 de maig de 2005

Premi d'assaig Eusebi Colomer



Es convoca la quarta edició del premi sobre aspectes socials, antropològics, filosòfics o ètics relacionats amb la nova societat tecnològica.

Les obres han de ser originals i inèdites, escrites per un sol autor, en qualsevol de les llengües de l'estat espanyol o en portuguès, i no han d'haver estat premiades en altres concursos. La dotació del premi serà de 6.000 €.

Calendari: Publicació oficial de la convocatòria: 16 de setembre de 2004

Termini d'entrega de la documentació: 18 de març de 2005

Notificació del jurat: 31 de maig de 2005

Per a més informació:

Fundación EPSON IBÉRICA

Gran de Gràcia, 140, pral. 2a. 08012 Barcelona

Tel.: 932 373 400 / Fax: 932 373 419

A/e: funespon@fundacion-epson.es

A/I: <http://www.fundacion-epson.es>

Presentació del Congrés

Enginyeria, desenvolupament territorial i globalització

2n Congrés d'Enginyeria en Llengua Catalana

L'any 2000 tingué lloc a Manresa el 1r Congrés d'Enginyers de Llengua Catalana, organitzat per l'Associació Enginyeria i Cultura Catalana (EiCC), que va congrega més de tres-cents professionals per debatre les relacions entre l'enginyeria i la sostenibilitat i entre l'enginyeria i la societat de la informació i el coneixement.

Quatre anys després, l'EiCC convoca el 2n Congrés d'Enginyeria, que tindrà lloc a Andorra el mes de novembre de 2004, i que pretén aplegar els enginyers que treballen en el teixit d'empreses i institucions de l'arc mediterrani (País Valencià, Catalunya, Andorra i Illes Balears). Reunirà els professionals de les diverses especialitats de l'enginyeria que estan interessats a aprofundir interdisciplinàriament en la repercussió social de la seva activitat professional.

El Congrés es planteja amb els objectius següents:

— Debatre tècnicament i professionalment les implicacions de l'enginyeria en la conformació del territori i l'evolució de la societat a principis del segle XXI.

— Abordar les repercussions socials i ambientals de projectes i infraestructures concretes del nostre territori, en un món globalitzat que tendeix cap a la deslocalització de l'activitat econòmica.

— Analitzar el paper de l'enginyeria en la construcció europea i en el procés de globalització mundial.

— Posar en comú les experiències professionals d'enginyers dels diversos àmbits territorials.

El Congrés se centrarà en dos àmbits prou concrets

però a la vegada prou amplis perquè puguin generar un debat transdisciplinari entre professionals de l'enginyeria:

1. Enginyeria i globalització.
2. Enginyeria i desenvolupament territorial.

El Congrés es configura amb voluntat de créixer i conformar una àmplia xarxa de professionals de l'enginyeria

amb il·lusió i sentit de la responsabilitat social, ètica i cultural. Us hi esperem!

Jaume Pagès Fita

President

Per a més informació: <http://www.celc.es>



**Enginyeria,
desenvolupament
territorial i
globalització**



**II CONGRÉS
D'ENGINYERIA
EN LLENGUA
CATALANA**

Andorra,
19, 20 i 21 de novembre de 2004

