

EDITORIAL

L'avanç tecnològic i científic actual és imparable. Des de mitjans d'aquest segle fins l'actualitat s'han publicat tants treballs científics com durant tota la història anterior. I és que el comportiment del coneixement científic és un dels grans assoliments de l'home del segle XX. Avui en dia seria impensable una investigació solitària, a l'estil de Galileu o Copèrnic. El treball en grup s'ha consolidat com el més efectiu, tant a nivell empresarial com d'investigació.

BURAN es publica una vegada més aportant el seu petit gra de sorra a aquesta "transmissió de dades", ja siguin coneixements tecnològics, opinions, protestes, articles d'empresa o merament culturals. L'objectiu primordial és el de donar a conèixer que a la Universitat, a més de reivindicacions, de vegades ja històriques, i una diversitat ideològica poc comú en altres sectors, hi ha una cultura, en aquest cas tecnològica; que l'alumne o el professor universitari és el membre de la societat més interessat en la profundització de temes que impliquen a la

resta d'aquesta.

El futur dels alumnes de les Escoles Tècniques és, sens dubte, el de procurar crear un món més intercomunicat. Això tindrà repercusions socials, econòmiques i polítiques que, com veiem en el dia a dia, van canviant, de vegades no precisament amb la intenció de millorar el món en el qual vivim. És important doncs crear-se una opinió que s'ubicarà dins una ètica professional que es formarà cadascú al llarg de la pròpia trajectòria professional.

És obvi que el món laboral no pot suportar exigències en el nostre entorn. La fredor competitiva de l'empresari el fa cercar beneficis ja sigui canviant la ubicació de l'empresa, ja sigui reduint despeses, i no li interessa filosofar sobre termes abstractes com el benestar social o la satisfacció dels seus operaris. En un futur pròxim de liberalització en tots els sectors dins el mercat europeu, qui no lluiti dur no podrà continuar-hi.

A nivell individual, la nostra resposta a aquest món que ens espera comença en el moment present.

Madrid y Valencia: Bienvenidos

Parece que fue ayer y ya van tres vueltas al Sol desde que en la Escuela de Telecomunicación y en la Facultad de Informática de Barcelona se empezó a preparar el primer número de BURAN. Han sido tres años de duro trabajo para la Rama de Estudiantes del IEEE de Barcelona pero ha valido la pena.

Pero la cosa no tenía que quedarse aquí. Una publicación como BURAN no podía limitarse a una sola ciudad. Debía expandirse. Esa tarea no podía ni debía llevarse a cabo desde Barcelona. Tenía que ser una iniciativa de los propios alumnos de las otras Universidades y así ha sido.

A partir de este número como prueba piloto, y esperemos que el siguiente ya de forma más definitiva, BURAN ya se publica en Madrid y en Valencia gracias a sus respectivas Ramas de Estudiantes.

Desde Barcelona queríamos animar a los alumnos de Valencia y de Madrid y en especial a los de las Ramas del IEEE para que continúen juntamente con nosotros en tan difícil pero gratificante tarea como es la publicación de BURAN y la redacción de sus artículos.

Finalmente nos gustaría decir que aunque en este número se publique artículos en catalán (ese número fue pensado en un principio sólo para Barcelona) en los próximos ya se va a procurar que la lengua no sea ningún obstáculo para la comprensión de los contenidos.

Rama de Estudiantes del IEEE de Barcelona



IMPLEMENTACIÓ D'EINES CAD PER A CIRCUITS DE POTÈNCIA EN ENTORN WINDOWS

Alex Méndez, Josep Bordonau, Joan Peracaula

Microsoft Windows és un entorn de finestres multitasca per ordinadors personals executable amb PC-DOS i MS-DOS. Aquest entorn gràfic permet una millora considerable de les possibilitats de desenvolupar eines de CAD per ordinadors personals. En aquest document es descriuen aquestes millores en un cas concret.

INTRODUCCIÓ.

Encara que Windows existeix des de 1985, han estat les darreres versions, i més concretament la versió 3.1 les que han permès gaudir als usuaris de PC d'un sistema força semblant al *Presentation Manager* de OS/2 per a màquines més grans. Això ha estat en part possible per que les darreres versions aprofiten força els recursos que tenen els microprocessadors 386 i 486 que darrerament s'han anat incorporant als PCs.

En poc temps Windows s'ha convertit en un estàndard força emprat també pels fabricants de software, que veuen com l'entorn Windows els proporciona ja fetes moltes de les prestacions que ells haurien d'inserir als seus productes.

En aquest document es descriuen els avantatges que suposa utilitzar aquest entorn per desenvolupar aplicacions (programes) de CAD orientades a l'Electrònica de Potència. Les característiques que es comenten s'ha agrupat al voltant dels següents temes:

- **Interface:** El sistema de finestres, els menús, capses de diàlegs, i altres tipus de recursos proporcionen un interface molt més intuïtiu i molt més senzill d'aprendre per part de l'usuari i de fer servir i molt més senzill de desenvolupar donada la seva natura gràfica (les presentacions de resultats i de dissenys queda molt reduïda).

- **Sistema de memòria:** L'organització de la memòria per part de Windows redueix i optimitza força el seu ús, i redueix l'esforç de programació considerablement, comparat amb la programació directa sobre MS-DOS. El sistema de memòria depèn del microprocessador bàsic, essent necessari un 80386 o més avançat per tal de gaudir dels avantatges reals de Windows.

- **Multitasca:** La multitasca és una característica addicional de Windows que permet executar més d'una aplicació a la vegada. La

multitasca només és possible amb màquines com el 80386 o més avançades. En un entorn de CAD la multitasca es una característica imprescindible. Fins ara el fet que els PCs no fossin multitasca ha estat resolt més o menys elegantment. Tanmateix, quan aquesta característica ha estat possible implementar-la les solucions antigues han estat oblidades ràpidament, ja que eren artificioses i molests per als usuaris.

- **Biblioteques d'enllaç dinàmic:** són biblioteques de dades, codi o recursos que s'incorporen a les aplicacions durant l'execució i que poden ésser compartides per més d'una aplicació. A més poden estar escrites amb altres llenguatges diferents al codi client, donat que el sistema operatiu de Windows estableix uns protocols força ajustats. Aquest tipus de biblioteques no tan sols optimitzen l'ús de la memòria; també permeten una major flexibilitat en el codi que es desenvolupa, en molts sentits, com més endavant s'explicarà.

- **Intercanvi dinàmic de informació:** Com que més d'una aplicació pot estar alhora executant-se, es permeten els intercanvis de dades entre les diferents aplicacions actives a través d'una memòria global que totes comparteixen. Això optimitza molt el nombre d'eines que cal desenvolupar els interrelacions entre elles. Aquesta característica és força important en el desenvolupament d'un sistema de CAD.

- **Biblioteques incorporades del sistema:** Windows proporciona

ALEX MÉNDEZ FERRÉS és enginyer Industrial. Participa en diversos projectes de recerca en el Departament d'Enginyeria Electrònica de la UPC. Actualment gaudix d'una beca de F.I. de la Generalitat de Catalunya.

JOSEP BORDONAU FARRERONS és professor Titular del Departament d'Enginyeria Electrònica de la UPC des de 1990. Actualment és sots-director de recerca del Departament d'Enginyeria Electrònica de la UPC.

JUAN PERACAUÀ ROURA és catedràtic del Departament d'Enginyeria Electrònica de la UPC des de 1971. Actualment és responsable del programa de doctorat d'aquest departament.

per ell mateix un nombre considerable de biblioteques que faciliten força el disseny d'aplicacions. Aquestes biblioteques integren força bé totes les característiques que es desitgen, per la qual cosa es poden utilitzar directament en els productes finals, o són la base per desenvolupar-ne de més complexes però basades en aquestes.

- Transferències i compatibilitat: la major part de les aplicacions més importants tenen la seva versió per Windows. Quan es desenvolupa una aplicació Windows, el programador queda obligat a establir mecanismes de transferència amb altres aplicacions Windows. Això suposa que les eines que es desenvolupen són compatibles directament amb les restants aplicacions que tenen una versió per Windows. Com que una de les característiques més desitjables per un sistema de CAD és que sigui compatible amb altres aplicacions alienes, però orientades en camps propers o idèntics, l'entorn Windows és un dels millors candidats.

INTERFACE.

El disseny de l'interface dins de l'entorn Windows ha estat força cuidat, i ha estat dissenyat amb el següents principis com a bàsics:

Control de l'usuari: els usuaris han de controlar les aplicacions, i no les aplicacions als usuaris. Aquest principi té diferents implicacions:

- les aplicacions han d'ésser tant interactives com sigui possible. Els usuaris no han de esperar temps massa llargs. Això es pot resoldre amb la multitasca.

- les aplicacions han de permetre un cert grau de configuració per part dels usuaris, de forma que pugui canviar colors, tamans i aspectes globals de visualització de les aplicacions.

- el bon interface és el que permet facilitar les tasques, i no cridar l'atenció dels usuaris sobre aquestes. Els usuaris volen realitzar unes tasques amb l'ordinador, i no fer servir l'ordinador per passar el temps.

Directness: cal fer un interface que doni al usuari un camí intuitiu i directe per aconseguir fer les tasques per les que fa servir l'aplicació. Els paradigmes objecte-acció acompleixen

aquest principi. Els usuaris seleccionen objectes (dibuixets, botons, textos) i fan accions amb ells.

Consistència: dos tipus de consistències cal considerar: amb el món real (en fer servir els paradigmes esmentats) i entre les aplicacions desenvolupades (de forma que el coneixem d'una faciliti molt el coneixement de les restants).

Claredat: tots els elements visualitzats han d'ésser sota el punt de vista visual, conceptual i lingüístic immediatament comprensibles i no han de portar a interpretacions ambiguës.

Estètica: a més d'ésser directe, un interface que sigui agradable estèticament, facilita la tasca de l'usuari, qui s'hi troba més còmode.

Feedback: Els usuaris han de rebre sempre unes informacions de feedback que els informin sobre les accions que estan portant a terme.

Aprendentatge: Als usuaris els agrada explorar una aplicació en mode prova-error. Per aquest motiu, els programes que admeten que el usuari pugui avançar i retrocedir en les accions que fa, veient els resultats, i que el va informant dels errors que va cometent, són els que més èxit tenen. Es per això que les aplicacions en la mesura que sigui possible han d'admetre aquesta qualitat de l'interface.

Com es pot veure, fent que les aplicacions acompleixin aquests principis, n'hi prou per desenvolupar un Sistema de CAD amb un bon interface sense necessitat d'iniciar res de nou al sistema del propi Windows i que estigui màximament integrada dins de l'entorn.

SISTEMA DE MEMÒRIA.

La gestió de memòria que realitza Windows és prou complexa com per que ni tant sols es pugui esmentar aquí. Això es deu bàsicament per la gran varietat de configuracions que poden presentar els diferents equips i pel fet que els processadors de les famílies 80x86 tenen models segmentats de memòria.

El resultat final, però, que veu el programador és una memòria accessible determinada i ben gestionada, on

pot accedir-hi sota unes determinades normes i que fan es pugui oblidar del tipus de màquina que farà anar les aplicacions. Continua havent-hi les limitacions de tamans de segments, de direccions, de tipus de punters, però tota la problemàtica es veu molt reduïda. Cert tipus d'aplicacions veuen millorades moltes de les seves prestacions de memòria dins de l'entorn Windows.

MULTITASCA.

La multitasca dóna la possibilitat de carregar múltiples aplicacions en múltiples finestres, i que es puguin executar simultàniament, és a dir, hi han varíes aplicacions que estan processant dades i informacions simultàniament. Aquest resultat s'aconsegueix mitjançant l'assignació d'intervals de temps que el microprocessador estableix entre les diferents tasques que s'estan executant.

Entre les diferents tasques en un moment determinat s'executen es poden establir fàcilment limitacions i directives respecte el temps que el microprocessadors estableix per a cada tasca. Per exemple, es poden establir els percentatges de temps que rep respecte la resta d'aplicacions actives quan té el focus, quan no el té, quan està esperant per a rebre entrades, etc.

Aquest terme no s'hauria de confondre amb la multicàrrega. La multicàrrega consisteix en carregar varíes aplicacions en memòria però executar-ne només una. Una aplicació carregada en memòria està llesa per ésser activada, però romandrà així fins que no es quedin desactivades totes les restants. La multicàrrega únicament permet guanyar temps i altres molèsties de sortir i entrar en les diverses aplicacions cada cop que es vol commutar entre alguna d'elles.

La multitasca permet, per tant, tenir unes aplicacions on els usuaris poden entrar les dades i visualitzar resultats o rebre altres tipus d'informacions, mentre altres aplicacions s'encarreguen de processar les dades, guardar-les, verificar integritats, etc. També permet visualitzar aplicacions que mostren resultats anteriors



de dissenys, dades resultants d'altres processos, o aplicacions alienes que facin tasques semblants de forma que els usuaris les puguin comparar.

BIBLIOTEQUES D'ENLLAÇ DINÀMIC.

Dins de l'entorn Windows hi han dos tipus bàsics de programes: les aplicacions i les biblioteques d'enllaç dinàmic. Tant les unes com les altres poden anomenar-se mòduls de codi carregables o executables. Una aplicació pot tenir més d'una vegada carregat el seu codi, perquè és possible, si així ho ha pensat el programador, tenir varies vegades el mateix programa executant-se. Les biblioteques d'enllaç dinàmic només poden carregar-se una vegada, però poden ésser accedides per més d'una aplicació.

Les aplicacions també reben el nom de tasques executables. Cada aplicació sota Windows està dirigida per una tasca i respon a un conjunt d'events externs (missatges). Les DLL (biblioteques d'enllaç dinàmic) reben a vegades el nom de executables sense tasca donat que són dirigides per la tasca que les crida. Les DLL no tenen pila pròpia ni llaç de procés de missatges propi, pel que de fet són biblioteques de funcions i recursos disponibles per a qualsevol aplicació del sistema que les conegui. Les DLL bàsicament donen tres graus de llibertat en el desenvolupament d'aplicacions:

- Les DLL són un lloc excel·lent per situar el codi i les dades que siguin compartides per diverses aplicacions. Queda clar que en un sistema de CAD hi ha força codi que es repeteix o que és emprat per a diferents eines. Suposem una rutina que faci una anàlisi d'harmònics. La mateixa rutina es pot trobar tant en el disseny de filtres com en presentació de resultats de formes d'ona de convertidors.

- També són una bona forma de situar parts del codi que només cal carregar en memòria segons les opcions escollides pels usuaris. Això permet desenvolupar eines molt grans, o que facin usos extensius de la memòria, sense que calgui una màquina amb moltes prestacions, donat que el propi sistema d'aplicacions pot vigilar la

memòria que resta, i alliberar la que no cal en cada moment.

- Permeten afegir parts de codi desenvolupat externament o posteriorment, fins i tot per al propi usuari de les eines de CAD. Aquesta flexibilitat fa que, seguint unes normes determinades, es pugui desenvolupar un sistema d'eines que estigui en constant creixement, i que el disseny original del sistema de CAD únicament proporcioni una estructura llavor.

DYNAMIC DATA EXCHANGE.

Intercanvi dinàmic de informació (normalment referit amb les sigles angleses DDE) es una forma de processos de comunicació entre aplicacions que fan servir la memòria compartida per a intercanviar dades. Es poden utilitzar aquests processos per a transferències d'una dada per comunicació, o per canvis automatitzats en les aplicacions que tenen lligams DDE establerts.

Normalment es parla de les interaccions client-servidor. Dins de l'entorn Windows es considera que una transferència de dades sempre s'estableix entre un client i un servidor. Un servidor és l'aplicació que proporciona les dades que es volen transmetre, mentre que un client és l'aplicació que demana les dades. Un servidor pot tenir diferents clients, i un client pot tenir diferents servidors. També pot succeir que una mateixa aplicació sigui a la vegada servidor i client. Com es pot veure, hi ha una gran flexibilitat en les comunicacions entre aplicacions. A més, com que una aplicació pot accedir a informacions sobre quins servidors hi ha en el sistema i quines informacions poden proporcionar, es pot veure que realment les possibilitats que ofereix l'entorn Window són força grans.

Aquesta transferència de dades entre aplicacions té conseqüències pràctiques molt importants:

- s'elimina la duplicitat de codi. Pesem per un moment en les bases de

dades. Sota aquest entorn sembla lògic pensar que hi hagi només una aplicació que proporcioni a les restants de forma automàtica totes les dades que requereixen les diferents aplicacions que fan servir aquella base de dades. Sense aquesta característica això no es podria fer d'una forma tant independent i apriorística com el DDE o permet, ja que es pot dissenyar aquesta aplicació sense conèixer les aplicacions que la faran servir.

- la comunicació de resultats entre les diferents aplicacions de CAD es pot realitzar de forma immediata i directa, sense tenir que recórrer a mètodes indirectes (per exemple emmagatzemar els resultats en un arxiu de dades que després una altre aplicació llegirà).

BIBLIOTEQUES INCORPORADES.

Windows incorpora per ell mateix un conjunt de biblioteques que afavoreixen el desenvolupament d'applicacions sofisticades. Les més destacades pel disseny de CAD són:

Graphics Device Interface (GDI): aquest mòdul s'encarrega d'exportar les funcions Windows que permeten pintar, dibuixar, traçar,

La multitasca dóna la posibilitat de carregar múltiples aplicacions en múltiples finestres, i que es puguin executar simultàniament.

imprimir i gestionar els colors en mode gràfic. Aquestes funcions són molt avançades, i permeten la gestió de sistemes de coordenades, generació automàtica de formes polinomials, gestió de paletes de colors, emmagatzemant vectoritzat de dades gràfiques. Això permet un gran estalvi de codi relacionat amb presentació de resultats i de dades gràfiques.

Serveis de Sistema: són funcions directament accessibles de l'entorn Windows i que permeten accions profundes i avançades en els temes de gestió de mòduls d'aplicacions i biblioteques, gestió del sistema global de memòria, gestió de interrupcions, gestió de tasques, gestió de mòduls de recursos, gestió de comunicació, gestió de fitxers, gestió de depuració de codi i gestió d'optimització de codi.

Biblioteca de Gestió de Inter-canvi Dinàmic de Dades: aquesta DLL permet simplificar les tasques de programació dels protocols de comunicació entre les diferents aplicacions. També proporciona funcions per a la gestió de memòria global i de registre dels clients i servidors que té el sistema en cada moment. Permet el desenvolupament d'eines de depuració pels processos de transmissió dinàmica de dades entre aplicacions.

Tool Helper Library: proporciona tot tipus de informació sobre el sistema, pel que fa a aplicacions, recursos i estat de la memòria. Permet també la realització d'eines de depuració en les assignacions de memòria i en la gestió de mòduls en les múltiples instances de cada aplicació o biblioteca dinàmica..

System Resources Stress-Testing Library: permet el testeig les aplicacions o biblioteques en front de situacions diverses del sistema, on hi han pocs recursos de temps, memòria o espai de disc. Permet veure com reaccionen les diverses aplicacions en front d'aquestes situacions de pocs recursos de sistema.

32-Bit Memory Management Library: permet la gestió de dades directament en registres de 32 bits, ja que els processadors 80386 o superiors tenen aquesta capacitat.

Biblioteca per Aplicacions Internacionals: permet la creació d'aplicacions en diferents idiomes, tenint en compte les particularitats de notacions de cada cas.

Biblioteca d'Aplicacions en Xarxa: porta incorporada biblioteques que permeten gestionar el funcionament de les diverses aplicacions que s'estan executant en cada moment a dins de la xarxa a la qual estan connectats.

TRANSFERÈNCIES I COMPATIBILITAT.

Windows estableix un conjunt de formats per a cada tipus de dada que es vol transmetre. Així hi han formats generals pels textos, per les imatges

rasteritzades, per les imatges vectoritzades, per les unitats de codis, etc. Normalment quan es desenvolupen aplicacions dins de l'entorn Windows es respecten aquests formats per tal que els programes desenvolupats s'integren plenament dins de l'entorn Windows. Tanmateix, fins i tot definint formats nous de dades, les compatibilitats queden garantides pels protocols DDE (encara que l'aplicació client desconeixi qui és el format de les dades que li són enviades, les pot rebre finalment com a dades estàndard del sistema gràcies al sistema de traducció proporcionat per DDEML).

També hi ha un altre tipus de compatibilitat que normalment és obviada però que al programador li estalvia un gran nombre de problemes: les diferents configuracions de hardware dels ordinadors personals. Windows proporciona un sistema comú, prou independent dels diferents tipus de monitors, impressores, plaques base, etc., per que el programador no tingui que perdre el temps fent codis d'interface per a cada configuració. Això ja bé incorporat dins de Windows i el programador fa servir unes funcions d'interface que no

són dependents del dispositiu. Dos exemples són el GDI (*Graphical Device Interface*) i la gestió d'impressores, on es fan servir instruccions generals que no depenen

del tipus de hardware que té la màquina en concret.

CONCLUSIONS.

En aquest document han estat presentats els avantatges de implementar programes de CAD dins de l'entorn Windows. Aquests avantatges es poden resumir en:

- Només cal seguir les normes de interface marcades per Windows per aconseguir un bon interface pel Sistema de CAD.

- La gestió de memòria facilita la utilització per part del programador d'aquesta, i millora les prestacions de les aplicacions que aprofiten

de tots els recursos que Windows proporciona.

- La multitasca que proporciona Windows permet parlar veritablement d'un entorn de CAD en un ordinador personal.

- Les biblioteques d'enllaç dinàmic permeten una optimització de la memòria disponible, tamany de les aplicacions molt més gran del que en principi aparentment seria possible i del creixement del codi amb aportacions del programador o del propi usuari sense tenir que retocar el codi ja existent. Es pot parlar d'un sistema de CAD llavor que va creixent amb aportacions del programador i dels usuaris, a mida que es va utilitzant.

- La transmissió de dades de forma dinàmica permet la creació d'aplicacions servidores que eliminin duplicats de codi o enllaços, i permet la transmissió directa de dades i resultats sense tenir que recorrer a formes d'enmagatzament transitòries.

- Hi ha un conjunt d'eines pròpies de Windows que es poden incorporar a les aplicacions i que redueixen les tasques que el programador ha de realitzar.

REFERÈNCIES.

[1] Microsoft Windows Software Development Kit. WA: Microsoft Press, 1991.

[2] TELLO, ERNEST: *Object-Oriented Programming for Windows*. New York: John Wiley & Sons, 1991.

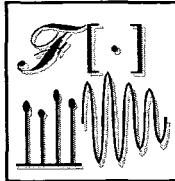
[3] CLARK, JEFFREY: *Dynamic Data Exchange Programming Windows*. Carmel IN: SAMS 1991.

[4] PETZOLD, CHARLES: *Programming Windows*. 2^a edició. Redwood, WA: Microsoft Press, 1990.

[5] FAISON, TED: *Borland C++ 3 Object-Oriented Programming*. 2^a edició. Carmel IN: SAMS, 1992.

[6] LAUREL, BRENDA: *The Art of Human-Computer Interface Design*. Reading, MA: Addison-Wesley, 1990.





LA NOSTRA LÒGICA ÉS DIFUSA

Marc Castellà i Ramir De Porrata-Dòria

So far as the laws of mathematics refer to reality, they are not certain. And so far as they are certain, they do not refer to reality»

Albert Einstein

Demanem a un grup d'estudiants universitaris que aixequin el braç si estan federats en algun esport. Ràpidament l'aixequen amb decisió o bé no l'aixequen. A continuació els demanem que l'aixequin si estan satisfets amb les instal·lacions esportives. Ara hi ha dubtes; algú fa el gest d'aixecar-lo una mica, d'altres el baixen,... A què ve aquesta indecisió?

Senzillament, la primera pregunta només admetia dues respostes possibles: ser o no federat, mentre que la segona és més ambigua, i ofereix més matisos, més possibilitats que no només aixecar o no el braç. No estem donant opció a respostes parcials sinó que exigim tot o res: s'està satisfet o no, i això crea confusió.

INTRODUCCIÓ.

L'anterior situació exemplifica que la nostra manera de pensar i d'actuar admés gairebé sempre més de dues opcions, tot i que sovint inconscientment tendim a simpli-

ficar les coses aproximant-les, com quan afirmem que un got és buit de líquid tot i tenir encara a dins algunes gotes. Hi ha molt de gris entre el blanc i el negre, el tot o el res. De fet, tot és una qüestió de matís. Aquest matís dóna peu al terme 'difús' (*fuzzy*), donant a entendre que hi ha conceptes que no es poden reduir a una situació de tot o res, *on or off*, blanc o negre. I aquests conceptes els fem servir cada dia, són inherents als humans, perquè el nostre pensament és difús.

El llençatge quotidià n'és ple d'exemples. Quan diem 'no vinguis gaire tard', 'l'Oriol és alt' o 'aquesta beguda és forta', no cal explicitar 'vine abans de les 22:30', 'l'Oriol mesura 1.91 m' i 'aquesta beguda té 40 graus'. Ho entenem amb els termes difusos 'gaire', 'alt' i 'forta'.

Malgrat això, la tecnologia que ens envolta és molt menys racional i està basada en la lògica d'Aristòtil que tan sols permet dos estats: tot o res, blanc o negre. Així funcionen els ordinadors i així hem viscut des de la Grècia clàssica. Ens trobem que la vida és difusa però tot ho classifiquem en dos estats: o pertany o no. En quin punt un estany passa a ser un llac? I un turó una muntanya? La frontera és molt subtil i nosaltres diferenciem entre el conjunt d'estanys i llacs o el de turons i muntanyes. O tot o res. Estem sent injustos amb la realitat.

LA LÒGICA BOOLEANA.

La nostra tecnologia funciona amb la lògica d'Aristòtil (o booleana), que afirma:

- 1) A ha de ser B o no-B. (Llei d'exclusió)
- 2) A no pot ser alhora B i no-B. (Llei de contradicció)

Ens trobem que la vida és difusa però tot ho classifiquem en dos estats: o pertany o no.

Així de contundent. Una persona o és alta o no ho és, i no pot ser alta i no-alta al mateix temps. Hem tractat el gris com 'blanc o negre'. Així, com classificar una persona de 1.70 m? Assumim un món de 'blancs i negres' que no canvia, i tot s'empaqueta allà dins. Els

ordinadors, amb els seus estats bàsics de 1 o 0, en són l'emblema d'aquest pensament i signifiquen el triomf sobre el pensament humà. El nostre pensament és difús, amb grisos, mentre que la ciència és o blanc o negre. Al llarg dels seglest els científics i filòsos han ignorat aquesta incongruència, potser perquè la lògica d'Aristòtil es basava en veritats irrefutables com pertànyer o no dins un conjunt, i era fàcil de tractar.

Però cap cervell humà funciona amb sil·logismes d'Aristòtil, tot és més complicat. Hi ha coses no difuses com $2 + 2 = 4$, però fora de les matemàtiques tot té més opcions que les de veritat o fals, res es pot afirmar al 100%, tot és gris. Fins i tot els objectes són difusos. Imaginem un llapis nou de trinca, i al seu costat un

MARC CASTELLA és projectista al grup AMR del Departament TSC, ETSETB.

RAMIR DE PORRATA-DÒRIA és estudiant de Tercer Cicle a l'ETSETB.

altre un xic esmicolat, després un tercer una mica més i així infinitament fins arribar a tenir un tros de fusta i una mica de carbó. On és la frontera entre el conjunt de llapis i el de no-llapis? La diferència entre l'últim d'un grup i el primer de l'altre serà tan subtil que estem cometent una injustícia.

Aleshores, durant anys la ciència ha fracassat en voler modelar de forma rígida tant el pensament humà com la pròpia natura que ens envolta, també difusa. Tot intent per voler emular conceptes inherentment difusos no ha tingut l'èxit esperat, i la intel·ligència artificial, el gran desencís de la història dels ordinadors, en seria la millor prova: es va voler imitar el cervell humà amb raonaments basats en símbols, rebutjant els termes difusos.

Afortunadament aquesta problemàtica va ser per fi abordada el 1965, després d'uns tímids intents per part dels filòsofs B.Russell i M.Black a principis de segle. Va estar el professor Lotfi Zadeh de la universitat de Berkeley qui aquell any va presentar al món la teoria de la lògica difusa, després d'observar que la booleana dels ordinadors era incapàc de manipular dades que representessin idees humanes difuses com 'una persona atractiva' o 'fa calor'. La lògica dels ordinadors havia tractat la realitat només amb termes tan simples com 1 o 0, *on* o *off*, blanc o negre. Així, la lògica difusa va néixer amb el

propòsit de permetre determinar distincions vàlides entre les dades amb graus o nivells intermedis, amb les ganes de gris entre el blanc i el negre, treballant en definitiva de manera similar a com ho fa el raonament humà.

QUÉ ÉS LA LÒGICA DIFUSA.

Es pot explicar com un superconjunt de la lògica booleana a on aquesta ha estat ampliada per tal de contemplar el concepte de veritat parcial, és a dir, permet valors intermedis entre els conceptes de 'completament cert' i 'completament fals'. Aleshores, la lògica convencional passa a ser un cas particular de la difusa a on només hi ha dos estats possibles. Més que com una teoria aïllada, s'ha d'interpretar com una metodologia per generalitzar qualsevol teoria específica des d'un estat discret (*crisp*) fins a un continu (*fuzzy*).

Entenguem-ho millor amb l'exemple 'l'Oriol és alt'.

a) Segons la teoria clàssica de conjunts: $S \rightarrow \{0,1\}$ (veure figura 1).

Si a partir de 1.80 m es considera que una persona és alta, l'Oriol és alt perquè pertany completament al conjunt de

persones altes. Una persona de 1.70 m seria considerada no-alta.

b) Segons la teoria dels conjunts difusos: $S \rightarrow [0,1]$ (veure figura 2).

A la funció S que assigna un valor entre 0 i 1 a l'alçada de l'Oriol se li diu 'funció de pertinença'. Aquí, l'Oriol pertany al conjunt dels alts amb un valor de 0.9, i simultàniament al dels no-alts amb 0.1. La persona de 1.70 m podria tenir pertinences de 0.4 i 0.6 respectivament i així successivament.

Es a dir: amb major o menor grau tothom pertany als dos conjunts d'alts i no-alts.

A partir d'aquest punt s'estableix tota una àlgebra per conjunts difusos que escapa del caràcter introductori d'aquest article, però que

és fàcilment trovable a la bibliografia.

El concepte bàsic, en qualsevol cas, és el d'establir la multivalència en comptes de la bivalència. En lògica difusa les afirmacions poden ser parcialment veraderes i els objectes ser membres d'un conjunt només parcialment. Aquests valors es representen amb números a l'interval [0,1], i són la gamma de 'grisos' que ens feia falta per apropar-nos a la manera de ser i pensar humana.

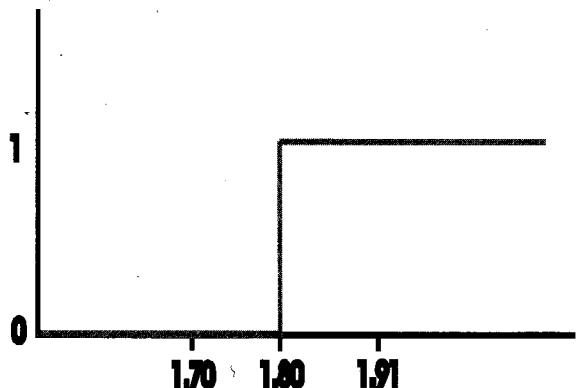


Figura 1.

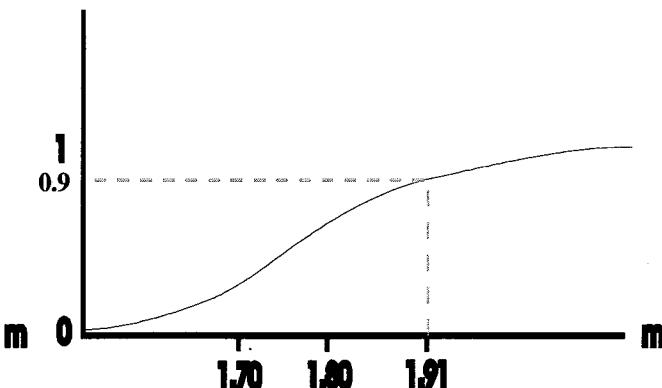


Figura 2.



Tot i que avui dia aquesta teoria és àmpliament acceptada i reconeguda, encara ha de superar l'hostilitat i escepticisme d'alguns investigadors dels Estats Units, potser perquè la comunitat científica s'estima més petits progressos que no pas grans salts creatius. Alguns matemàtics rebutjaven la idea argumentant que tot allò difús es podia representar amb les matemàtiques convencionals, i sospitaven que tot plegat no era més que una disfressa intel·ligent de la ben coneguda probabilitat i, per extensió, dels models estadístics. Res a veure amb la realitat.

PROBABILITAT vs VAGUE-TAT.

La probabilitat és la nostra mancança cultural per tractar la incertesa de la que parlàvem abans; la descripció matemàtica per tractar aquelles coses que tot i ser possibles, no estem segurs de si succeiran o no. En certa mesura és un tipus d'aleatorietat. Per contra, la lògica difusa assumeix que quelcom està succeint amb seguretat (no hi ha aleatorietat ni incertesa), i es limita a donar un grau major o menor de pertinença.

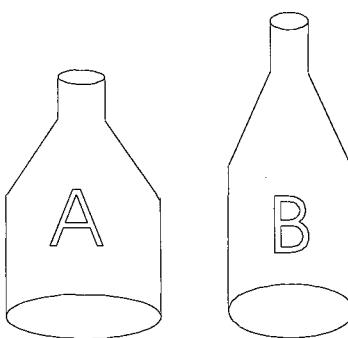
L'única similitud entre probabilitat i teoria difusa és que totes dues operen casualment dins el mateix marge numèric: [0,1]. Però donat que la lògica difusa hem vist que generalitza la lògica booleana, i que aquesta darrera queda descrita per la possibilitat, es pot afirmar que els conjunts difusos generalitzen la probabilitat. Els probabilistes treballen en el terreny de la bivalència, i aleshores 'és molt alt Oriol?' es converteix en 'és Oriol alt?' preguntat a milers de persones.

Probabilitat i vaguetat descriuen diferents aspectes dels mots: la primera mesura quant la gent els utilitza mentre que la segona diu quant signifiquen. Totes dues són útils, però no intercanviables.

Un exemple ajudarà a entendre millor aquest concepte. Sigui l'univers d'objectes el conjunt de tots els líquids, i P el següent subconjunt difús:

$$P = \{\text{tots els líquids útils per beure}\}$$

Suposem que hem estat al desert una setmana sense beure i trobem dues ampollas A i B com les de la figura 3. Si hem de triar una ampolla per beure, de quina ho farem? Evidentment de la A. L'ampolla A tindrà, segurament, aigua tèrbola (de ser aigua pura aleshores $\text{pert}(A \in P) = 1$), però mai líquids de tipus àcid clorhídric (que tindrien $\text{pert}(A \in P) = 0$). És a dir, $\text{pert}(A \in P) = 0.9$ vol dir que el contingut d'A és 'bastant proper'



$$\text{pert}(A \in P) = 0.9 \quad \text{prob}(B \in P) = 0.9$$

Figura 3.

al de l'aigua pura.

Per contra, $\text{prob}(B \in P) = 0.9$ indica que després de molts experiments, el contingut de B és potable en el 90 % dels casos. Però i l'altre 10 %? No seria potable, i millor beure aigua tèrbola que arriscar-se a morir.

Per acabar d'entendre aquest concepte, pensem ara quina decisió prendríem si el valor fos 0.5 i no 0.9. Segurament l'ampolla B, oi? Aquesta tindrà un 50 % de possibilitats de ser perfectament berible, mentre que un valor de pertinença tan baix presumiblement indicaria un líquid no apte per ser begut.

APLICACIONS.

La lògica difusa és relativament novedosa i com a tal dóna

molt de futur pel seu desenvolupament, que per ara ha estat vertiginós (en només 30 anys s'ha passat de la teoria pura i dura a la comercialització de productes). Té aplicació a un gran ventall d'aplicacions, de fet a qualsevol lloc on calguin ordinadors o teoria de control, i també a tasques que requereixin la delicada intuició humana o el coneixement basat en l'experiència.

Cada cop està guanyant més acceptació, i actualment es desenvolupen projectes en els següents àmbits, entre d'altres:

- Aparells de control
- Reconeixement de patrons.
- Processament del senyal.
- Operacions de recerca.
- Anàlisi de dades.
- Sistemes financers.

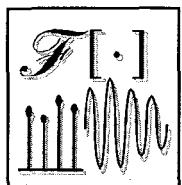
Al departament de AMR, emmarcat dins del projecte de disseny i construcció d'un dispersòmetre polarimètric, es volen classificar imatges radar fent ús d'algorismes difusos. Es un cas ideal d'aplicació atès cada pixel pot pertànyer simultàniament a diverses categories de terreny com 'aigua', 'bosc' o 'zona urbana'. L'objectiu és el de classificar fidelment l'heterogeneïtat de l'escenari. Com a exemple, fins i tot a una zona urbana plena de formigó com és el Campus Nord de la UPC, s'hauria de detectar trocets d'herba.

UNA BIBLIOGRAFIA INTRODUCTÒRIA.

«*Fuzzy Thinking, the New Science of Fuzzy Logic*», Bart Kosko, 1993, Ed.Hyperion.

«*Fuzzy Logic, the Discovery of a Revolutionary Computing*», Daniel McNeill & Paul Freiberger 1992, Ed.Simon & Schuster.

«*Transactions on Fuzzy Systems*», IEEE.



SISTEMAS LIDAR PARA CONTROL DE TRÁFICO

Alejandro Rodríguez, Adolfo Comerón

Lidar (*Light Detection And Ranging*) es un acrónimo que revela las intenciones de este campo de la técnica: aplicar teoría, sistemas y aplicaciones de Radar clásico en frecuencias ópticas para la solución de viejos y nuevos problemas. Según la aplicación, los sistemas Lidar funcionan mejor que los de Radar de microondas, o peor que éstos. El cambio en

posicionamiento. Como se verá, los sistemas Lidar nos permiten trabajar con potencias transmitidas más bajas lo que los hacen indetectables por sistemas ajenos.

El control del tráfico parece ser uno de esos campos en los que los sistemas Lidar se comportan mejor que los Radares de microondas. Como se puede ver en la figura 1, en condiciones de tráfico pesado un sistema

el «campo de visión». A uno le parece que precisamente en estas condiciones de tráfico pesado debería ser cuando los sistemas de control funcionasen mejor, ya que es la situación más peligrosa.

En la figura 2 se aprecia un sistema de control de tráfico que emplea un transmisor láser: en la misma situación es capaz de distinguir perfectamente entre los diferentes blan-

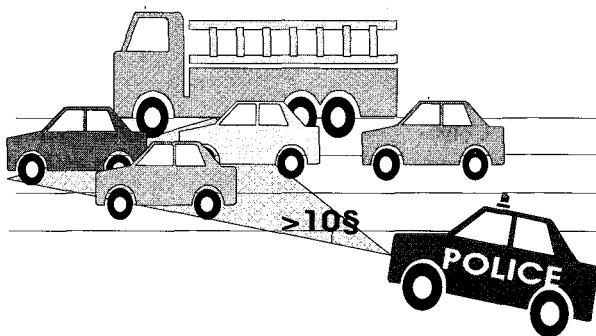


Figura 1.

frecuencias desde microondas al visible (o infrarrojo) significa un desplazamiento de seis (10^6) órdenes de magnitud. Esto nos permitirá medir cosas más pequeñas, pero quizás requiera los más precisos sistemas de

Radar no es capaz de distinguir entre varios blancos próximos que estén a una cierta distancia de nuestro coche de policía.

Así para un sistema que trabaje a 10 GHz, con una antena de apertura de 20 cm, el ancho de haz transmitido es de casi 20° . Esto supone que si los blancos están a 10 m, el «campo de visión electromagnética» tiene 3 metros de ancho. Esto es suficiente para incluir varios vehículos. La velocidad que mediríamos en este caso sería algún tipo de media ponderada entre las de los vehículo incluidos en

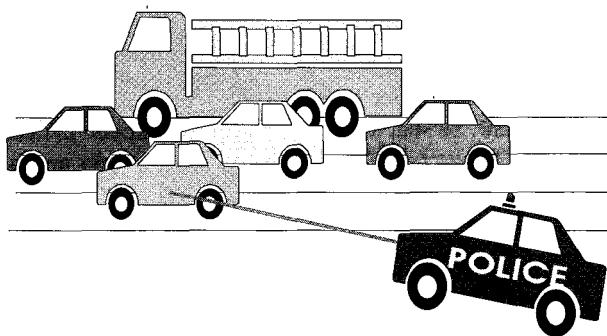


Figura 2.

cos. Esto se debe a que los anchos de haz transmitido que podemos obtener empleando frecuencias ópticas son mucho más estrechos. Las longitudes de onda están entre 0,5 y 1 μm . Esto quiere decir que, para una apertura de 1 mm (un diámetro muy típico para un haz láser) podemos obtener un ancho de haz de menos de una décima de grado. De hecho, usando lentes, podemos obtener a partir de la anterior una apertura mayor y, por tanto, un ancho de haz menor.

Otra ventaja viene del hecho de que en los sistemas ópticos los

ALEJANDRO RODRÍGUEZ es ingeniero de Telecom. y está realizando la tesis doctoral en sistemas Lidar coherentes en el Grup d'Antenes, Microones, Radar i Óptica del Departament de TSC (UPC).
ADOLFO COMERÓN es catedrático del Departament de TSC (UPC) y dirige un proyecto de investigación sobre sistemas Lidar para estudio de la atmósfera y detección de blancos sólidos.



desplazamientos Doppler están alrededor de 1 MHz/(km/h), frente a 1-20 Hz/(km/h) para el caso de microondas. Esto es especialmente interesante cuando disponemos de tiempos de medida inferiores a una décima de segundo.

BAJA POTENCIA

En la figura 2 se puede apreciar también un aspecto importante de los sistemas Lidar. Como podemos ver el blanco «intercepta» toda la potencia transmitida. ¿Cómo influye esto? Echando un vistazo a la ecuación radar

$$P_R = (P_T / \theta_T^2 R^2) (\sigma / 4\pi R^2) (\pi D^2 / 4) \eta_{ATM} \eta_{SYS}$$

(θ_T es el ancho de haz de transmisión, P_T es la potencia transmitida, R es la distancia al blanco, D es el diámetro de la apertura del receptor y η_{ATM} y η_{SYS} son las eficiencias atmosféricas y de sistema). En breve: la potencia recibida P_R es inversamente proporcional a la cuarta potencia de la distancia al blanco. Pero en Lidar los haces son muy estrechos y eso hace que la sección recta (σ) sea proporcional a la segunda potencia de la distancia al blanco. Es lo que habitualmente se conoce como un *blanco extenso*. Su sección recta es de la forma

$$\sigma = \pi \rho R^2 \theta_T^2$$

expresión que al incluirla en la

ecuación Radar anterior da el resultado siguiente:

$$P_R = \eta_{ATM} \eta_{SYS} \pi P_T \rho_T D^2 / (4R)^2$$

así que la potencia recibida es inversamente proporcional no a la cuarta sino al cuadrado del alcance! Esto nos permite trabajar con potencias transmitidas mucho menores, para obtener la misma potencia recibida.

GEOMETRÍA

Como se aprecia en la figura 3, la dirección de propagación del láser forma un cierto ángulo con el vector velocidad del móvil. Esto implica que no estamos midiendo el módulo de su velocidad sino la proyección sobre la dirección de propagación. Examinando la figura 3 podemos escribir:

$$v_{meas} = v_{total} \cos b$$

$$b = 90^\circ - a$$

b es el ángulo entre el eje de la carretera y el del sistema de medida. Ya que la velocidad que medimos es menor que la real, el desplazamiento Doppler lo será también.

Este gráfico permite también calcular el tiempo de medida. Considerando un coche de 4 m de largo, desplazándose a 120 km/h y un ángulo $b = 45^\circ$, el haz es interceptado durante 0.08 ms. Este puede ser con-

siderado nuestro tiempo máximo de medida.

MEZCLADORES ÓPTICOS

Llegados a este punto podemos examinar las diferentes opciones que los sistemas Lidar proporcionan. La primera es un equipo que opere un láser pulsado. Es capaz de medir distancias. A partir de varias medidas consecutivas, podemos obtener la velocidad del móvil.

Quizá una aproximación más interesante es la que nos ofrece la detección coherente. Empleando un mezclador óptico, podemos medir el desplazamiento Doppler sufrido por la luz dispersada por el blanco. Esto supone emplear un transmisor láser de onda continua y reproducir el esquema clásico de un mezclador en RF con elementos ópticos.

En este momento es útil recordar lo que ocurre cuando interfieren dos ondas cualesquiera de frecuencia ligeramente diferente. Si realizamos su suma:

$$E(t) = A_0 \cos(\omega_0 t + \varphi_0) + \eta A_0 \cos(\omega_0 t + \varphi_0 + \omega_D t + \varphi_D) = A_0 [1 + \eta \cos(\omega_D t + \varphi'_D)] \cos(\omega_0 t + \varphi'_0)$$

En otras palabras: tenemos una portadora de frecuencia ω_0 , modulada en amplitud por un coseno, cuya frecuencia es la diferencia entre las de las anteriores. Por supuesto lo que estamos mezclando en este caso es una muestra de la portadora transmitida (lo que en tecnología RF se conoce como «oscilador local», LO) con la radiación correspondiente dispersada por el blanco y desplazada en frecuencia.

Los fotodetectores disponibles actualmente (PMTs, PINs, APDs) son sensibles a la potencia óptica incidente en su superficie. A su salida podemos obtener una corriente eléctrica que es proporcional a esta potencia óptica, $i = \rho p$. Por descontado no son sensibles a la potencia óptica instantánea, pero sí que pueden serlo a la «modulación Doppler». Considerando las velocidades que

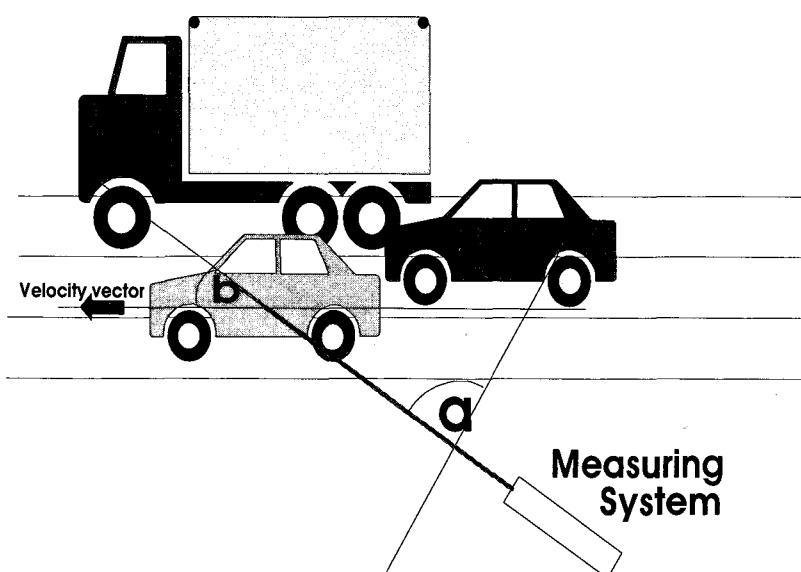


Figura 3.

alcanzan los coches en una autopista (digamos que hasta 250 km/h) y una portadora óptica de longitud de onda 633 nm, el desplazamiento Doppler máximo debe estar alrededor de 200 MHz. Los APDs de silicio son sensibles hasta una modulación de amplitud de 5 GHz. La señal eléctrica a la salida tendrá la forma:

$$i(t)=\rho[A_o^2(1+\eta^2)/2 + \eta A_o^2 \cos(\omega_D t + \varphi_D)]$$

es decir, una componente continua sumada a una sinusoides de la frecuencia Doppler.

Es de la mayor importancia que ambos, la señal recibida y el oscilador local, viajen a lo largo del mismo camino antes de incidir sobre la superficie activa del detector, y que tengan la misma anchura cuando se combinen. Toda la energía que viaje fuera del camino común no participará en la mezcla: solamente contribuirá al ruido en baja frecuencia, empeorando la relación señal-ruido. De hecho las partes de la señal y el oscilador local que participen en la mezcla serán aquellos que caigan en el mismo punto del detector y bajo el mismo ángulo.

Este es uno de los puntos más críticos de los mezcladores ópticos. Implica que el apuntamiento es uno de los aspectos más importantes cuando construimos un sistema.

Otro punto crítico es la longitud de coherencia del láser. A pesar de ser osciladores con un *Q* extremadamente alto, los láseres presentan un ancho de línea espectral no despreciable. La longitud de coherencia de su emisión es inversamente proporcional a este ancho de línea. En esta aplicación se combinan señales desigualmente retrasadas, y deben mantener coherencia mutua. Los láseres de HeNe tienen longitudes de coherencia de más de 1 km, lo cual los hace muy apropiados para nuestro sistema. Los láseres de semiconductor, sin embargo, presentan longitudes de coherencia menores, del orden de decenas de metros, por lo cual, a pesar de las facilidades que aportan por su transportabilidad, no son apropiados.

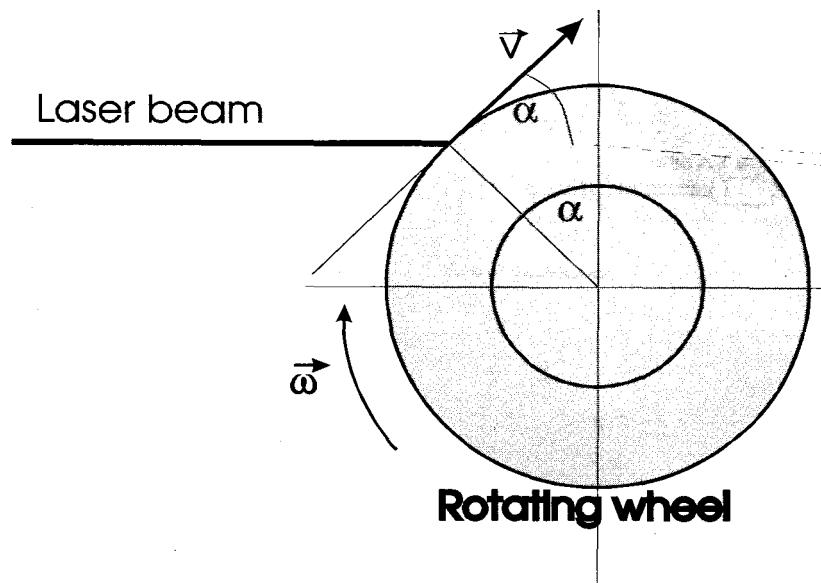


Figura 4.

Otros aspectos deben ser considerados: no hemos hablado nada de polarización (sólo las componentes con igual polarización participarán en la mezcla óptica); hay que tener en cuenta la distribución de potencia recibida y del oscilador local sobre la superficie del detector, relación entre potencias, perfil de sensibilidad del detector, la distribución del frente de fase de la señal recibida (que será aleatoria), etc.

PROTOTIPO DEL LABORATORIO

En el grup d'Antenes, Microones, Radar i Óptica de la ETSETB hemos construido un prototipo de un Lidar coherente para medida de velocidades. Es capaz de medir velocidades de hasta 250 km/h, con una resolución menor de un 1%. Emplea un transmisor láser de HeNe SIEMENS de baja potencia, que emite radiación de 633 nm. Para detectar la interferencia óptica, se emplea un módulo 713-4 de Analog Modules, que incluye un APD C30902 y un amplificador de transimpedancia.

Como en el laboratorio no podemos tener un blanco que se desplace a 200 km/h, lo hemos sustituido por un disco giratorio. La velocidad lineal en su periferia simula la de un blanco que se traslada, y es su com-

ponente sobre la dirección de propagación del haz láser la que se mide. En la figura 4 se puede apreciar la geometría correspondiente. Dependiendo del ángulo de incidencia, podemos medir una fracción de la velocidad total. La superficie cilíndrica del volante está recubierta de papel, que presenta dispersión totalmente difusa. El volante tiene un radio de 25 cm y gira a una velocidad máxima de 2.000 r.p.m. Esto implica una velocidad lineal de 190 km/h.

En la figura 5 se aprecia la óptica del sistema. Esta estructura es conocida como un interferómetro de Michelson, aunque ha sido ligeramente modificada. Es muy usada en holografía, donde el dispositivo sensible no es un fotodetector, sino una película fotográfica. Se pueden distinguir tres «circuitos» distintos: haz transmitido, oscilador de local OL (haz de referencia) y señal recibida.

El circuito del haz transmitido arranca de la salida del emisor láser (que presenta una divergencia de 1 mrad, aprox.); luego pasa a través de un divisor de haz (beamsplitter), que separa parte de la potencia para introducirla en el circuito del oscilador local; finalmente atraviesa el primer corrector



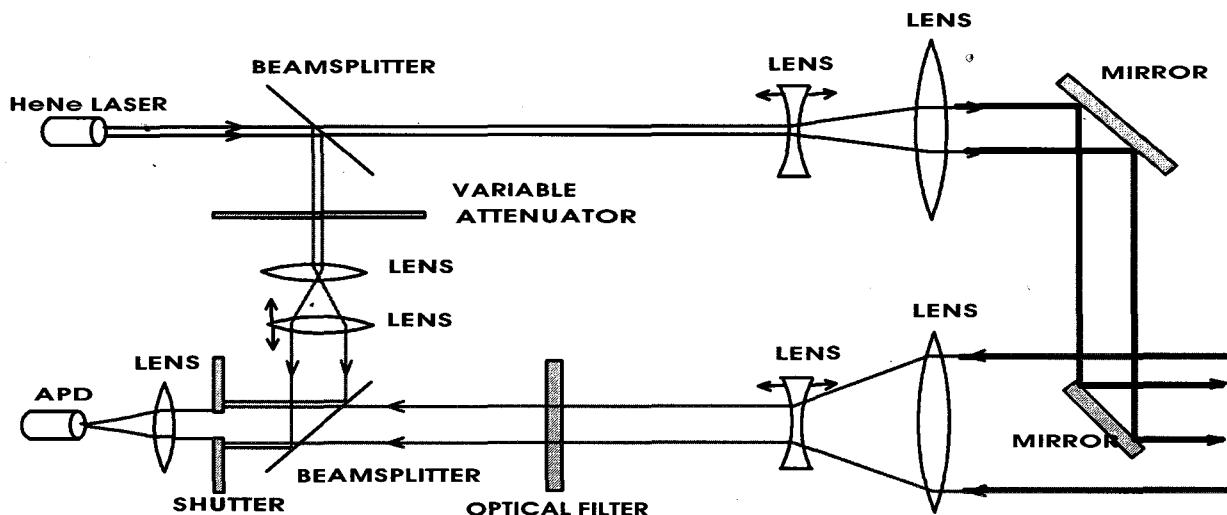


Figura 5.

de divergencia.

Este último elemento es un telescopio. Es una estructura clásica de dos lentes. Si sus focos coinciden, la divergencia del haz de salida será, esencialmente, la de entrada multiplicada o dividida por la razón entre las distancias focales de las lentes. Pero modificando ligeramente su separación, podemos controlar e incluso reducir a cero la divergencia de salida.

Posteriormente, el haz transmitido es reconducido al mismo eje del circuito de recepción, mediante dos espejos. El segundo está situado delante de la óptica de recepción. Produce un pequeño bloqueo que carece de importancia, ya que el espejo de transmisión tiene 1 cm de anchura, mientras que el de recepción es de 7,5 cm. De esta forma, con bajas pérdidas, podemos conseguir un sistema coaxial, con las ventajas en apuntamiento que ello reporta.

El circuito de recepción comienza con un controlador de divergencia que corrige la de la radiación dispersada por el blanco que incide sobre la lente de 7,5 cm, colimándola. Luego pasa por otro divisor de haz, donde es combinada con el oscilador local.

Para asegurar que se produce una mezcla óptica correcta entre la señal recibida y el oscilador local, hay un telescopio insertado en el circuito de OL para igualar ambos diámetros. Empleando un diafragma ajustable los podemos «cortar» a un mismo tamaño. El circuito de oscilador local proporciona una muestra del haz transmitido, que hace el papel de OL; luego expande este haz y lo suma a la señal recibida. Finalmente ambos circuitos son enfocados en la superficie del fotodetector APD para producir la mezcla.

Como la separación entre elementos deben ser cambiados para diferentes distancias al blanco, es útil tener un simulador de esta estructura. Hemos desarrollado uno para así automatizar los largos, pesados y repetitivos cálculos que implica cada una de estas configuraciones.

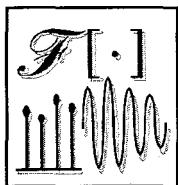
La corriente detectada en el APD es acondicionada en un amplificador de transimpedancia. Según el orden de magnitud de la señal recibida, es necesaria una ganancia global de unos 60 dB. Los APD presentan una responsividad de unos 50-100 A/W (unos 17-20 dB), luego el amplificador debe tener unos 40 dB de ganancia.

PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

Necesitamos ahora un sistema de tratamiento que sea capaz de identificar la frecuencia de la señal detectada. Lo más útil es un equipo basado en un contador de frecuencia, que nos permite obtener una salida numérica.

MEDIDAS DE SEGURIDAD

Las normas de seguridad ocular son muy estrictas para aplicaciones láser. Para un sistema que trabaje a 633 nm, con una potencia transmitida de unos 2 mW (clase 3A) pone un límite de irradiancia de $25 \cdot 10^{-3}$ mW/mm². Esto implica que, a la distancia mínima de seguridad, el haz transmitido debe tener, al menos, un ancho de 1 cm. Esto se puede hacer introduciendo una divergencia controlada o expandiendo un haz colimado. Si trabajásemos con láseres de longitud de onda 1.500 nm o más, las restricciones de seguridad son menos estrictas. Es por esto que, en el futuro, se debe caminar hacia el uso de sistemas que trabajen en el infrarrojo.



INTRODUCCIÓN A LOS FRACTALES

Carlos Alonso

El término fractal, aparece con bastante frecuencia en diversas publicaciones técnicas y científicas. Y, es que estos objetos han pasado de ser meras curiosidades matemáticas a convertirse en herramientas muy válidas para la descripción de determinadas situaciones del entorno real. La geometría fractal, que se encarga del estudio de los objetos fractales, es una disciplina relativamente moderna, ya que se establece a finales de los setenta con los trabajos de **B. Mandelbrot** [6]. El propio término fractal, fue acuñado por este matemático franco-polaco, a partir del adjetivo latino *fractus* que significa roto o irregular.

GEOMETRÍA FRACTAL

A finales del siglo XIX y durante el siglo XX, diversos matemáticos realizaron trabajos que permitieron posteriormente a Mandelbrot elaborar la geometría fractal. Así, matemáticos como Cantor, Koch y Sierpinsky, realizaron figuras geométricas a partir de fórmulas iterativas, que se caracterizaban por estar formadas por copias reducidas de sí mismas. Por otro lado, Gaston Julia, se dedicó al estudio de la convergencia del sistema $z=z^2+c$ en el plano complejo. El inglés **Lewis Fry Richardson** se planteó el problema de medir la longitud de una costa con

una regla de longitud L . Observó que la longitud medida depende de la longitud de la regla de medida que se utilice, así conforme disminuye la regla, aumenta la longitud medida de la costa. Richardson observó la relación entre ambas longitudes del tipo $L(n)=n^{-a}$, siendo n la longitud de la regla.

Mandelbrot asociará todos estos trabajos con sus investigaciones propias en el centro de investigación Thomas J. Watson de IBM en Yorktown Heights (N.Y.), para crear el concepto de geometría fractal. Asociará el parámetro a de la expresión obtenida por Richardson a una dimensión que denominará dimensión fractal. Esta dimensión será lo que permite definir un objeto como fractal, si dicha dimensión supera a la dimensión topológica del objeto. La geometría fractal estudiará y clasificará dichos objetos. Una clasificación habitual es en razón de la fórmula generadora [5]. Así tenemos fractales determinísticos o aleatorios, según provengan de un sistema determinístico o no. Los fractales determinísticos, a su vez, se dividen en lineales y no lineales.

DIMENSIÓN FRACTAL

El concepto de dimensión fractal desarrollado por Mandelbrot parte en gran medida del trabajo pu-

blicado en 1919 por **Felix Hausdorff**, donde plantea la idea de dimensión no entera.

Para entender el concepto de dimensión fractal comencemos por el caso de un segmento de longitud L . Si se divide por la mitad, se tienen dos segmentos iguales de longitud $L/2$. Si se realiza el mismo proceso para un cuadrado de lado L , se tendrán cuatro cuadrados de longitud $L/2$ y si se aplica a un cubo, serán 8 los cubos obtenidos. Es decir, se plantea una relación entre el número de elementos a y el factor de escala s del tipo

$s^d=a$ donde d es la dimensión del objeto, que se puede obtener como $d = \log(a)/\log(s)$. Se considera ahora el triángulo de Sierpinsky. Cada triángulo está formado por tres triángulos de lados mitad que el grande, por tanto el número de objetos a es tres y el factor de escala s es dos, por lo que si se calcula la dimensión se obtiene

$\log(3)/\log(2)$, es decir, 1.585 [6].

Esta dimensión fraccionaria se puede interpretar de forma intuitiva: el triángulo de Sierpinsky ocupa el plano de una forma intermedia entre un segmento y una superficie. Este procedimiento no sólo es aplicable a figuras matemáticas sino que se puede emplear con objetos reales, tales como nubes, perfiles de costa, etc. Así, por ejemplo, el espacio ocupado por las arterias del cuerpo humano

Carlos Alonso es proyectista en la Escuela Superior de Telecomunicaciones de la UPC.



Figura 1.



tiene una dimensión fractal de 2,7 [5].

FRACTALES LINEALES

Los fractales lineales se caracterizan por describir un sistema dinámico lineal. Una vez se considera un determinado algoritmo generador la figura resultante se obtiene como la sucesión infinita de repeticiones de la regla sobre una imagen de partida. A este tipo de familia pertenecen el triángulo de Sierpinsky, el copo de nieve de Koch y la curva de Peano. Todas ellas se caracterizan por ser objetos sibsimilares en sentido fuerte: al tomar una porción del objeto, por pequeña que sea, contiene siempre una copia reducida de la figura original.

Una forma habitual de representar los fractales lineales es mediante los sistemas de función iterada, más conocidos como IFS, desarrollados por **Michel Barnsley** [1]. Un IFS no es sino la representación matricial de un conjunto fractal. Si se considera la siguiente transformación afín:

$$W(x,y) = (ax+by+e, cx+dy+f)$$

Esta transformación actúa sobre el plano Euclídeo realizando cambios de escala, giros y traslaciones tanto sobre x como y de cualquier conjunto situado en el plano.

Esta transformación W se denomina contractiva cuando para cualquier par de puntos la distancia entre ellos es menor una vez han sido transformados.

Si se expresa la transformación de forma matricial:

$$W\left(\begin{array}{c} x \\ y \end{array}\right) = \left(\begin{array}{cc} a & b \\ c & d \end{array}\right) \cdot \left(\begin{array}{c} x \\ y \end{array}\right) + \left(\begin{array}{c} e \\ f \end{array}\right)$$

Un sistema IFS es un conjunto de transformaciones todas ellas contractivas, por ejemplo las que se muestran en la tabla de la figura 3. Este el IFS correspondiente al triángulo de Sierpinsky. Para obtener la figura basta con asignar una probabilidad a cada una de las transformaciones y aplicarlas sucesivamente. En [1],[2] y

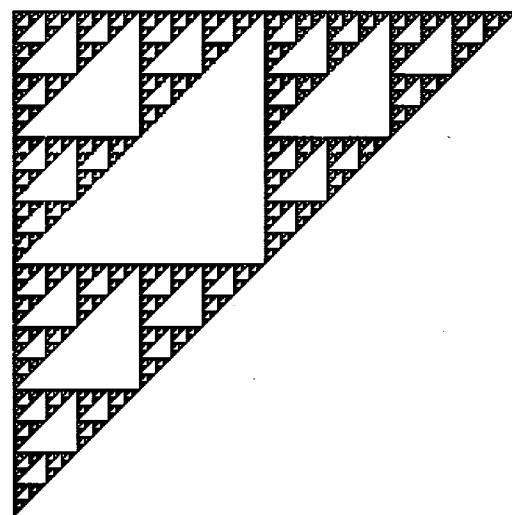


Figura 2.- Triángulo de Sierpinsky.

[6] se tienen diversos ejemplos de sistemas IFS y programas para representarlos en un ordenador.

FRACTALES NO LINEALES

Los fractales no lineales, como su nombre indica, son la representación de sistemas dinámicos no lineales. De entre toda la variedad de no linealidades existentes, destacan los fractales de tipo cuadrático. Uno de los precursores de la teoría fractal, **Gaston Julia**, da nombre a toda una familia de objetos fractales cuadráticos. Todos ellos se caracterizan por tener la misma fórmula generadora $z=z^2+c$, aplicada al plano complejo. Al transformar mediante esta fórmula diversos puntos para un valor concreto de c se observa que hay puntos que convergen a valores finitos, mientras que otros escapan al infinito. El conjunto de Julia es la frontera entre esas dos regiones de puntos, los conver-

gentes y los divergentes. El parámetro c es el que caracteriza la forma concreta del conjunto. Algunos valores producen figuras conexas, mientras que otros originan conjuntos inconexos, hasta formar una especie de nube de polvo, que se denomina conjunto de **Cantor**.

El fractal cuadrático de la figura 6 es, seguramente, el fractal más conocido de todos. Se le conoce como **conjunto de Mandelbrot**, en honor a su descubridor. A pesar de la controversia sobre si Mandelbrot es o no su verdadero descubridor [2], suya ha sido la labor de divulgación de no únicamente este conjunto, sino de toda la geometría fractal. El conjunto de Mandelbrot parte también de la expresión $z=z^2+c$, pero en esta ocasión aplicada siempre sobre el origen, esto es, $z=0$. Para cada valor del parámetro c se comprueba si las iteraciones convergen o si tién-

a	b	c	d	e	f
0.5	0	0	0.5	1	1
0.5	0	0	0.5	50	1
0.5	0	0	0.5	50	50

Figura 3.- Sistema IFS (*Iterated Function System*) del triángulo de Sierpinsky.

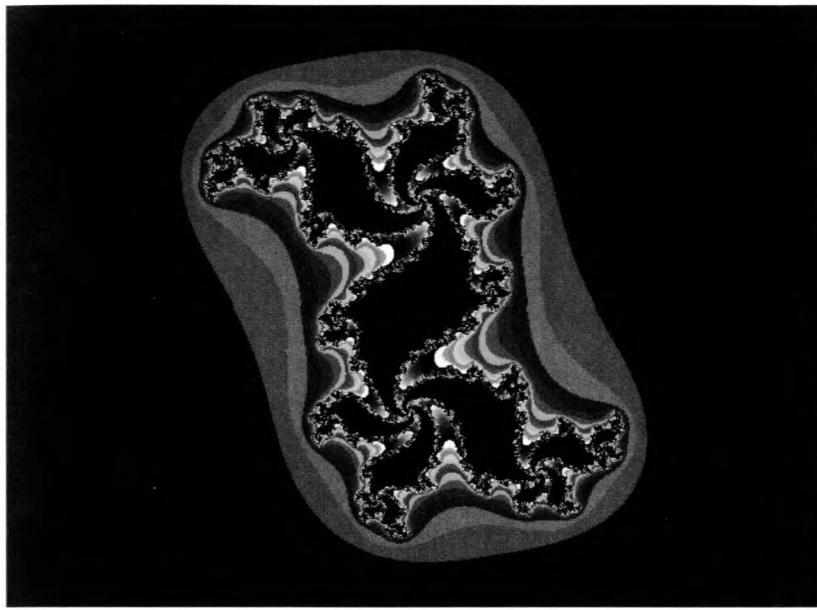


Figura 4.

den hacia el infinito. El resultado es una figura enormemente compleja, que además, es el conjunto de todos los puntos c del plano complejo que dan lugar a conjuntos de Julia conexos [6]. Por tanto, se puede considerar al conjunto de Mandelbrot como un clasificador de conjuntos de Julia. Aunque el conjunto de Mandelbrot no es estrictamente sibsimilar, como puede serlo el triángulo de Sierpinsky, si se amplía suficientemente se descubren infinidad de copias a lo largo de la frontera del conjunto.

APLICACIONES

Como ya se mencionó al principio, parte del interés que suscitan los fractales es su capacidad para describir fenómenos del mundo real. Así, el propio Mandelbrot emplea la geometría fractal para estudiar fenómenos físicos como las turbulencias [6]. Un campo donde los fractales han encontrado gran aceptación es el campo de las imágenes digitales, donde se emplean tanto para la generación de imágenes artificiales [7], como en la compresión y análisis de imágenes reales [4]. Otras aplicaciones se han desarrollado para diversos ámbitos como, por ejemplo, la síntesis musical [3].

REFERENCIAS

[1] BARNESLEY, M. F: *Fractals Everywhere*. Boston 1988. Academic Press.

mic Press.

[2] BARRALLO CALONGE, JAVIER: *Geometría fractal. Algorítmica y representación*. Ed. Anaya Multimedia 1993.

[3] GADNER, MARTIN: "Música blanca y música parda, curvas fractales y fluctuaciones del tipo $1/f$ ". *Investigación y Ciencia* (Junio 1978) 104-113.

[4] JACQUIN, A: "Fractal Image Coding. A review". Proc. of IEEE vol.81 nº10 (Octubre 1993) 1451-1464.

[5] JUNGER, PEITGEN, SAUPE: "El lenguaje de los fractales". *Investigación y Ciencia* (Octubre 1990) 46-57.

[6] MANDELBROT, B: *Los objetos fractales*. Ed. Tusquets 1988.

[7] PEITGEN, RITCHER: *The Beauty of Fractals*. Berlin 1986. Springer Verlag.

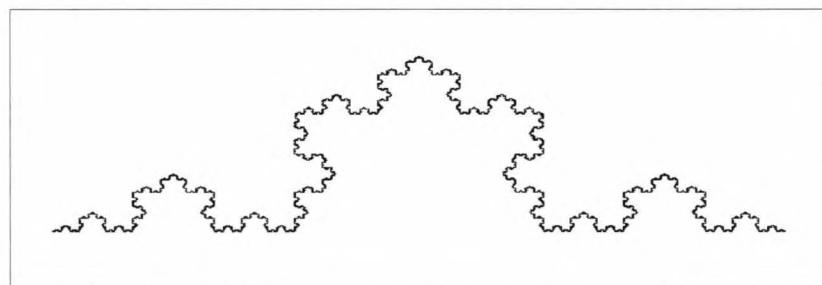


Figura 5.

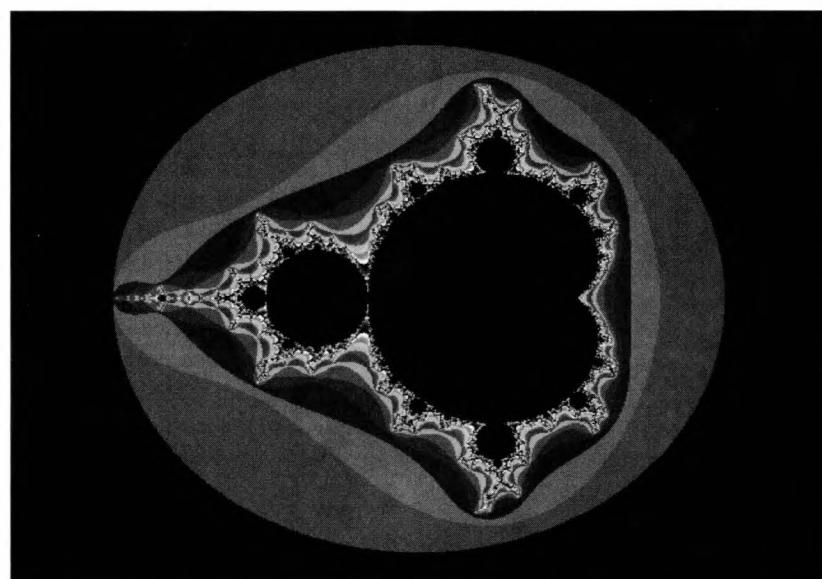
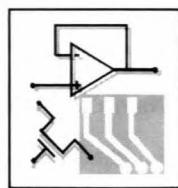


Figura 6.- Conjunto de Mandelbrot.





ESPECTROMETRÍA INFRARROJA CON ARRAY DE FOTODETECTORES

J. A. Chávez, J. A. Ortega, J. Alba y M. García

El reciente desarrollo de la tecnología de los dispositivos integrados está permitiendo la compactación de los equipos de detección de gases. En nuestro caso fruto del diseño de un array de fotodetectores de PbSe con filtros adosados al mismo para la medida de la radiación infrarroja en el margen de $3 \mu\text{m}$ a $5 \mu\text{m}$ se ha desarrollado la primera versión de un equipo que permite la detección de hasta 19 gases contaminantes.

1. INTRODUCCIÓN

La aplicación de las normativas europeas y nacionales en cuestiones medioambientales ha generado una serie de líneas de investigación orientadas en dos direcciones básicas. Una, la in-

vestigación y desarrollo de nuevos sistemas de reducción de la contaminación emitida por la industria, los medios de transporte, sistemas de calefacción, etc., mediante la mejora de su diseño o introduciendo sistemas de filtrado y depuración. La otra dirección abarca la investigación y desarrollo de sistemas que permitan detectar y cuantificar la emisiones contaminantes, con el objeto de poder comprobar el cumplimiento de las normas. Dentro de este último marco nació el

proyecto GAME: Sistema Integrado para la Gestión MedioAmbiental SIGMA (este trabajo ha recibido el soporte económico del convenio CTT-C1666).

El proyecto SIGMA se concibió como una colaboración entre la empresa y la universidad para el desarro-

llo de un sistema capaz de recoger información de temperatura, presión, concentraciones de gases, etc., en multitud de puntos repartidos por un amplio territorio, y ofrecer periódicamente información sobre el estado de la atmósfera, incluyendo predicciones, alarmas y bases de datos. El sistema, desarrollado y entregado, está configurado jerárquicamente, ver Fig. 1.

El grupo formado por los firmantes de este artículo junto con un grupo de trabajo de la Universidad Carlos III de Madrid, se encargó de diseñar y desarrollar un equipo para la medi-

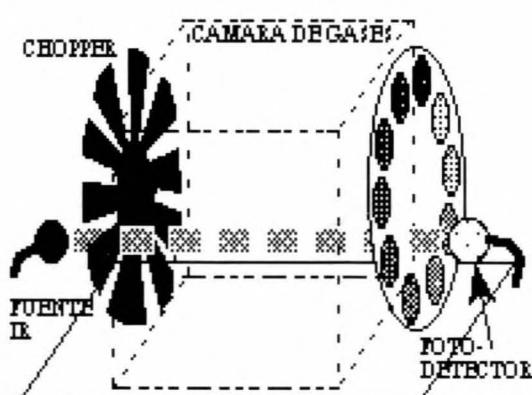
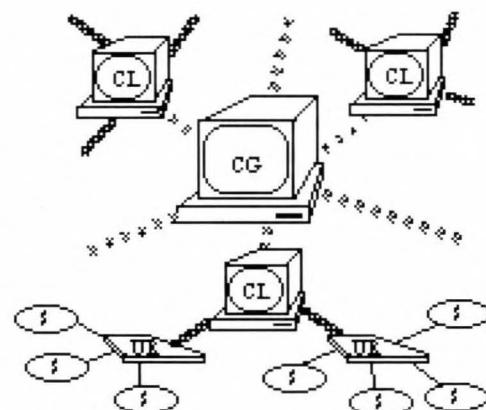


Figura 2.- Esquema básico del principio de medida de un espectrógrafo basado en rueda de filtros.



da de gases contaminantes basado en la espectrometría infrarroja.

2.ESPECTROMETRÍA INFRAZOJA.

La espectroscopía de infrarrojos se eligió entre todas las técnicas disponibles³ ya que es sensible, selectiva, tiene un rápido tiempo de respuesta y una alta inmunidad a los interferentes. También es una ventaja de este método que no son necesarios materiales consumibles y por tanto los costes de mantenimiento y vigilancia son reducidos.

Sólo hay interacción entre el gas y la onda electromagnética si éste está formado por moléculas con momento dipolar eléctrico distinto de cero. Así, los gases monoatómicos, por ejemplo el helio (He), y los formados por moléculas homonucleares, como el nitrógeno (N_2), no interactúan con la luz infrarroja.

Cada gas tiene un espectro de absorción diferente. Se reconoce un gas cuando se detecta que la luz ha sufrido una absorción en una o varias zonas del espectro donde sólo ese gas puede estar presente.

Se suelen dividir los sistemas de detección de gases con infrarrojos en: dispersivos (DIR) y no dispersivos (NDIR).

Los a-

nalizadores de gases DIR se basan en la difracción de un haz de luz infrarroja incoherente por un prisma, posteriormente colimado para elegir una banda estrecha en la que el componente gaseoso absorba y otra en la que no. La diferencia de intensidad entre

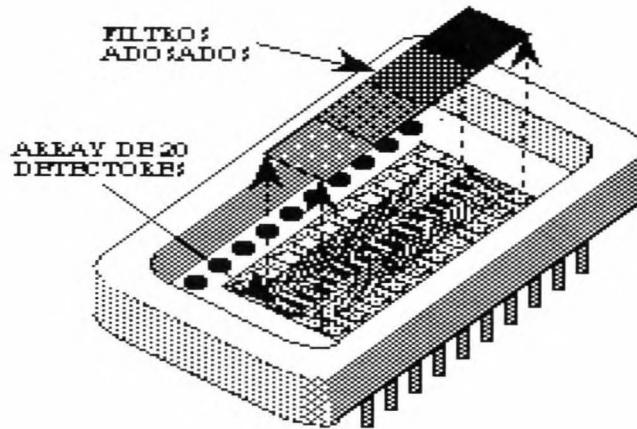


Figura 3.- Vista del array de detectores con filtros adosados.

ambos haces es una medida de la concentración del gas analizado.

Los NDIR también realizan una medida diferencial pero con una configuración más robusta. Utilizan dos haces de luz, uno que pasa a través de la cámara por la que fluye el gas a analizar y otro haz que pasa por una cámara donde no se produce absorción. Es el método más utilizado en la industria.

Los sistemas que contienen partes móviles presentan diversos inconvenientes entre ellos destacan: el tiempo mínimo necesario para realizar la adquisición y cálculo de un espectro completo; la sincronización en la adquisición; el coste de la mecánica; el espacio requerido; el ruido que introducen, ya que son fuentes de calor al tener motores.

2.2. ARRAY DE SENSORES CON FILTROS ADOSADOS.

El avance de la tecnología permite ha permitido el desarrollo integrado de un array de fotodetectores en el infrarrojo con filtros a diferentes longitudes de onda¹ a un precio que actualmente es comparable a los sistemas con partes móviles. En la figura 3 se presenta una vista en perspectiva del sensor utilizado. Consta de 20 elementos detectores de PbSe alineados^{4,5}. El array también tiene adosados enfriadores Peltier para reducir la temperatura de trabajo del sensor y con ello reducir el ruido y aumentar la detectividad del mismo. Adosados a la cara superior se encuentran los filtros paso banda centrados cada uno de ellos a una frecuencia diferente. Existe un filtro de referencia a una longitud de onda donde no se produce absorción. Por motivos que se verán

Los analizadores de gases DIR se basan en la difracción de un haz de luz infrarroja incoherente por un prisma, posteriormente colimado para elegir una banda estrecha en la que el componente gaseoso absorba y otra en la que no.

intensidad de la radiación que el ruido a baja frecuencia es del tipo $1/f$, y una rueda con filtros que gira de forma que se obtiene un espectro discreto. Uno de los filtros se reserva para hacer de referencia en una zona del espectro donde no hay radiación.

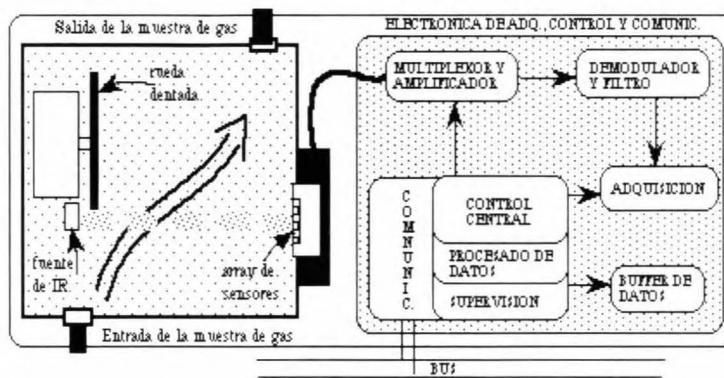


Figura 4.- Esquema de un espectrógrafo basado en array de fotodetectores con filtros adosados

más adelante también se puede adosar un filtro que no deje pasar radiación para tener una medida del offset de los sensores en cada medida.

Este nuevo sistema permite la compactación del equipo y por tanto su portabilidad. Con el que se pretendía aplicar la nueva tecnología desarrollada, la construcción de arrays de detectores con filtros adosados, a un sensor inteligente para la detección de gases contaminantes. En la figura 4 se observa un esquema del equipo diseñado para el proyecto SIGMA².

Debido a problemas en el desarrollo¹ de la tecnología de crecimiento de los filtros hasta ahora solo se ha conseguido realizar 5 diferentes. En el momento de poner a punto el equipo realizado solo se disponía de 3 filtros, uno reservado siempre como referencia y 2 para medir 2 gases.

2.3. DIFRACCIÓN IR Y ARRAY DE SENSORES

En el array de fotodetectores con filtros adosados el haz de IR es dispersado por igual a todos los elementos de forma que antes de pasar por los filtros la intensidad recibida se ha reducido considerablemente provocando que la relación SNR disminuya.

La nueva versión del espectrógrafo de gases esta basada en la difracción del haz de luz de forma que hace innecesaria la presencia de filtros, ver figura 5,

esto nos permitirá desarrollar la electrónica y el procesado necesario para el análisis de muchos gases a la vez. Cuando se haya optimizado el diseño del array con filtros el sistema estará preparado.

Se hace un paso a frecuencia intermedia muy baja, f_0 , de forma que se pueden convertir todos los canales a digital a una velocidad baja y procesar las muestras en tiempo real.

3. IDENTIFICACIÓN DE LOS GASES.

Del total de elementos presentes en el array, M se dedican a la medida en diferentes zonas del espectro. O sea, que cada uno de ellos tiene adosado un filtro paso banda en centrado en una longitud de onda de interés. La distribución de estos filtros no ha de ser equiespaciada sino que se adapta a los picos de absorción de los gases que se desean detectar¹. Una medida realizada en el array se podría representar, cuando se de-

$$V_{Cl} = V_{Sl} \left[1 - \left(\beta_{11} + \beta_{1j} + \beta_{1N} \right) \right] + V_O$$

$$V_{C2} = V_{S2} \left[1 - \left(\beta_{21} + \beta_{2j} + \beta_{2N} \right) \right] + V_O$$

$$V_G = V_S \left[1 - \left(\beta_{il} + \beta_{ij} + \beta_{iN} \right) \right] + V_O$$

$$V_{CM} = V_{SM} \left[1 - \left(\beta_M + \beta_{Mj} + \beta_{MN} \right) \right] + V_O$$

(1)

sean calcular las concentraciones de N gases diferentes, con el siguiente sistema de ecuaciones: donde, V_{Ci} es la tensión medida en el elemento i -ésimo del array cuando hay gases contaminantes; V_{Si} es la tensión que se mediría en el elemento i -ésimo del array si en la cámara no hubiera ningún gas que presentase absorción en las bandas filtradas; VO_i es la tensión de offset medida en el elemento i -ésimo; y b_{ij} es la absorción debida al gas j -ésimo en el elemento i -ésimo, variando esta magnitud entre 0 y 1.

La relación que rige entre la intensidad de radiación detectada a una determinada frecuencia, tras atravesar un gas con momento dipolar diferente de cero, viene dada por la ecuación de Lambert-Beer, (2).

$$I = I_0 e^{-\xi cs} \quad (2)$$

donde, I es la intensidad de radiación incidente; I_0 es la intensidad de luz emitida; ξ es el coeficiente de absorción (depende de la longitud de onda y del gas en cuestión); c es la concentración de gas (g/m^3); y s es la distancia recorrida por el haz de luz.

Teniendo en cuenta que la concentración de los gases contaminantes será baja la atenuación sufrida por el haz de luz¹ es muy pequeña, por lo que la ecuación de Lambert-Beer se puede aproximar linealmente, ecuación (3), y por tanto considerar la absorción proporcional a la concentración de gas, con constante de proporcionalidad b_{ij} , ecuación (4).

$$I \approx I_0 (1 - \xi cs) \quad (3)$$

$$\beta_{ij} \approx b_{ij} c_j \quad (4)$$

Según (4) y sabiendo que el sistema de demodulación está basado en un PLL que engancha con la frecuencia del chopeado para anular con lo que la tensión me-

dida no tendrá contribución del offset, el sistema de ecuaciones marcado con (1), queda de la forma que se puede ver en la página siguiente.

$$V_{C1} = V_{Si}(1+\alpha_1) \left[1 - \sum_{j=1}^N b_{1j} c_j \right]$$

$$V_{Ci} = V_{Si}(1+\alpha_i) \left[1 - \sum_{j=1}^N b_{ij} c_j \right]$$

$$V_{CM} = V_{SM}(1+\alpha_M) \left[1 - \sum_{j=1}^N b_{Mj} c_j \right]$$

(5)

El término $(1 + \alpha_j)$ tiene en cuenta las derivas temporales que sufre la medida. Para reducir este efecto se ha de utilizar un elemento con un filtro a una longitud donde no haya absorción como referencia y suponer que las derivas son iguales en todos los elementos del array, o sea, que:

$$\alpha_1 = \dots = \alpha_j = \dots = \alpha_M = \alpha .$$

$$V_{CREF} = V_{SREF}(1+\alpha_{REF}) \left[1 - \sum_{j=1}^N b_{REFj} c_j \right] =$$

$$= V_{SREF}(1+\alpha) \Rightarrow 1+\alpha = \frac{V_{CREF}}{V_{SREF}}$$

↓

$$b_{REFj} = 0$$

$$\forall j = 1..N$$

(6)

Teniendo en cuenta (6), el sistema de ecuaciones, (5) queda:

$$\begin{matrix} \frac{V_{SREF}}{V_{OREF}} \\ \vdots \\ k \\ \frac{V_{CM}}{V_{SM}} \\ \vdots \\ a \end{matrix} \begin{bmatrix} \frac{V_{CI}}{V_{SI}} \\ \vdots \\ 1 \\ \vdots \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} b_{11} & \dots & b_{1N} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ b_{M1} & \dots & b_{MN} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} c_1 \\ \vdots \\ c_N \end{bmatrix}$$

(7)

Si $M=N$:

$$\underline{c} = \underline{\underline{B}}^{-1} (\underline{I} - \underline{k} \underline{a}) \quad (8)$$

Si se eligen la posición de los filtros de forma que no haya absorciones cruzadas, la concentración se puede calcular fácilmente:

$$c_i = \frac{1}{b_{ii}} \left(1 - \frac{V_{SREF}}{V_{Si}} \frac{V_{Ci}}{V_{CREF}} \right) \quad \forall i = 1..N$$

↓
cte

(9)

Portanto, calibrando el sensor para hallar las constantes b_{ii} y V_{SREF}/V_{Si} , para hallar las concentraciones de N gases hay que hacer $N+1$ medidas.

4. CONCLUSIONES

El sistema diseñado para el convenio GAME basado en la espectrometría de IR con array de fotodetectores de PbSe y filtros adosados ha demostrado su viabilidad². Esta tecnología junto con un diseño más compacto de la cámara, la

mejora en el procesado permitirán y su menor coste permitirán en un futuro cercano la difusión de los detectores de gases contaminantes en aquellas zonas de mayor peligro.

5. BIBLIOGRAFÍA

[1] F. López, J. de Frutos, «Multiespectral interf. filters and their application to the design of compact non-dispersive infrared gas analysis for pollution control», Sensors and Actuators A, 37-38, pp. 502-506, 1993.

[2] J.A.Ortega Redondo, J.A. Chavez, J.Alba y M. García, «Sensor inteligente para la detección de gases medioambientales», Seminario anual de automática e instrumentación, pp. 137-154, Diciembre 1986

[3] J. Chas, «Analizadores de gases», Automática e instrumentación, pp. 137-154, Diciembre 1986.

[4] T.H. Johnson et al. «Lead selenide detector arrays», IRIS Vol. 13, No.1, 1969.

[5] D.E. Bode, «Lead selenide detectors for intermediate temperature operation», Appl. Optics, Vol4, No. 3, 1965.

[6] S.Zaromb et al., «Theoretical basis for identification and measurement of air contaminants using an array of sensors having partly overlapping selectivities», Sensors and Actuators, pp. 225-243, 6(1984).

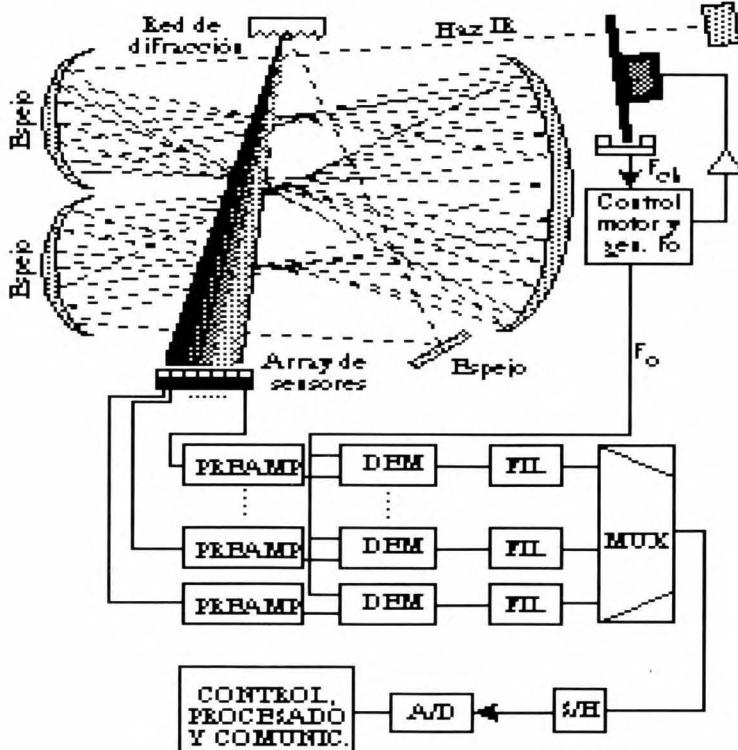
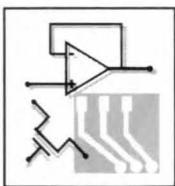


Figura 5.- Nuevo sistema de espectrografía IR de gases.



IMPLANTES COCLEARES: ¿ES POSIBLE QUE LOS SORDOS OIGAN?

Nacho Martínez

La privación total de cualquiera de los sentidos constituye un gravísimo problema para el ser humano; todos aquellos que sufren una minusvalía de este tipo están obligados a seguir un entrenamiento especial que les ayude a desenvolverse con la mayor habilidad posible en un mundo concebido para personas sin ningún tipo de incapacidad sensorial. Hasta hace apenas dos décadas, la única ayuda que podían recibir los minusválidos sensoriales se fundamentaba en un hiperdesarrollo de otro, u otros, de los sentidos no lesionados. Así, los ciegos compensan su incapacidad mediante una agudización extrema de los sentidos táctil y auditivo, mientras que los sordos desarrollan en mayor medida el sentido de la vista (lectura labial, etc). Hoy en día, gracias a los implantes cocleares es posible la inserción de buena parte de los sordos profundos en la sociedad, mediante la recuperación parcial del sentido de que están privados: la audición. Este artículo, además de exponer los fundamentos de los implantes cocleares, pretende servir como introducción preliminar al estudio de la audición, y más concretamente de la discapacidad auditiva. Para ello es

importante primero dar un breve repaso a la fisiología auditiva.

UN POCO DE FISIOLOGÍA AUDITIVA

La finalidad principal del sistema auditivo es la de convertir una onda de presión sonora en una señal bioeléctrica que será interpretada como sonido a nivel cerebral. Para que la señal acústica llegue al cerebro, ésta debe pasar antes por varias etapas, cada una de las cuales tiene una función específica. Dichas etapas pue-

dren seguirse a través de la figura 1, que muestra la anatomía del aparato auditivo, y a partir de la explicación que a continuación expondremos:

Oído externo: Tiene la función de amplificar y canalizar la onda de presión hasta el tímpano. Se compone del *pabellón auditivo, conducto auditivo externo y tímpano*. El pabellón actúa como amplificador acústico y también como elemento direccional, ya que responde con más amplificación a aquellos sonidos que provienen de

una dirección determinada del espacio. El sonido captado a nivel de pabellón es conducido hasta el tímpano a través del conducto auditivo externo, en cuyo extremo se halla el tímpano, que no es más que un tejido orgánico capaz de vibrar a modo de membrana. El tímpano actúa también de barrera física entre el oído externo y el resto del aparato auditivo.

La concepción del implante coclear surge de la idea de emular, en la medida de lo posible, la función de una cóclea sana

Oído medio: Comprende desde la cara interna del tímpano hasta la *ventana oval*. Unida a la cara interna del tímpano se halla la cadena osicular, que está compuesta de 3

huesecillos unidos solidariamente -*martillo, yunque y estribo*-, y se sujetan en su otro extremo a la ventana oval.

Oído interno: El oído interno está formado básicamente por la *cóclea*, también llamada caracol por su forma en espiral. La cóclea es una cavidad cilíndrica, rellena de un líquido llamado *líquido laberíntico*, cuya superficie interna está formada por células que presentan unas prolongaciones capilares llamadas *cílios*. Además están inervadas, es decir, tienen conexión con las terminaciones nerviosas que provienen del *cortex cerebral*.

JUAN IGNACIO MARTÍNEZ es estudiante de quinto de Ingeniería de Telecomunicación (UPC).

¿Cómo funciona todo este sistema cuando se le excita acústicamente? En primer lugar, el pabellón auditivo recoge y amplifica levemente el sonido que posteriormente será conducido hasta el tímpano por el conducto auditivo externo. El tímpano vibra de manera análoga a la onda de presión sonora y así lo hacen también los huesecillos de la cadena osicular, que se están sujetos a la cara interna del mismo. La vibración de los huesecillos se transmite hasta la ventana oval, que actúa a modo de émbolo, ejerciendo una presión sobre el líquido laberíntico existente en el interior de la cóclea. Para que efectivamente pueda moverse el líquido laberíntico por el interior de ésta, es necesaria una vía de escape para el mismo -sabemos que los líquidos son incompresibles-. Dicha vía es la ventana redonda. Por lo tanto, a través del sistema de transmisión detallado hasta ahora, el líquido laberíntico se mueve debido a las vibraciones de la onda de presión sonora. Al moverse el líquido laberíntico, se mueven también los cilios de las células ciliadas. El movimiento de dichos cilios provoca una polarización de las células, de signo e intensidad proporcional a su movimiento. Así, las variaciones de polaridad de las células ciliadas son transmitidas vía nerviosa hasta el córtex cerebral. El cerebro identificará dichas variaciones como sonido.

Este proceso puede entenderse como una cadena de transmisores y transductores. El oído externo actúa de transmisor mecánico por medio aéreo a través del canal auditivo. El papel del oído medio será el de adaptador de impedancias: cuando una onda de presión sonora llega a un medio líquido -en nuestro caso el líquido laberíntico del interior de la cóclea- sólo se aprovecha el 1 % de la energía, el 99% restante queda reflejado. Es por eso que la cadena de huesecillos que se encuentra en el

interior del oído medio actúa como transformador de la presión acústica en un movimiento de pistón de la ventana oval. En cambio, el conjunto oído medio -cóclea- es un transductor *mecánico-bioeléctrico*, esto es, convierte el movimiento de los cilios provocado por el flujo del líquido laberíntico, en una señal bioeléctrica.

Se produce una pérdida auditiva cuando se deteriora uno de los eslabones de la cadena, y en función de cuál sea, el tipo y gravedad de la misma variará. Así, una disfunción

severa, esto es, los restos de audición son muy bajos o nulos, la amplificación que pueda proporcionar un audífono no reportará ningún beneficio. Para esas pérdidas cocleares severas o profundas, un implante coclear puede ser la solución.

IMPLANTES COCLEARES, ¿UNA SOLUCIÓN PARA LAS SORDERAS PROFUNDAS?

Existen muchas factores que pueden originar una pérdida total de la funcionalidad de la cóclea. La causa más habitual es la ingestión de sustancias ototóxicas a través de productos farmacéuticos, que son prescritos como tratamiento a otro tipo de enfermedad. Cuando esto es así, aunque el oído externo y medio se hallen intactos, ninguna estimulación acústica puede llegar al cerebro, ya que la cóclea es precisamente el órgano que proporciona las señales bioeléctricas necesarias para estimular el córtex cerebral, que se encarga de codificar e identificar los estímulos auditivos.

Podríamos tomar como ejemplo un aparato de radio con auricular: Por muy bien que funcione el receptor, el sintonizador y el amplificador del mismo, si el auricular está averiado no vamos a poder escuchar nada.

La concepción del implante coclear surge de la idea de emular, en la medida de lo posible, el funcionamiento de una cóclea sana. Si se introducen uno o más electrodos en el interior de la cóclea de un paciente sordo, y se entrega señal eléctrica a los mismos, de manera que la corriente que fluya entre ellos sea capaz de polarizar y despolarizar las células que componen las terminaciones nerviosas del aparato auditivo, que se encuentran dispuestas a lo largo de la cóclea, el cerebro captará dicha estimulación como una sensación auditiva. O sea, se substituye la cóclea,

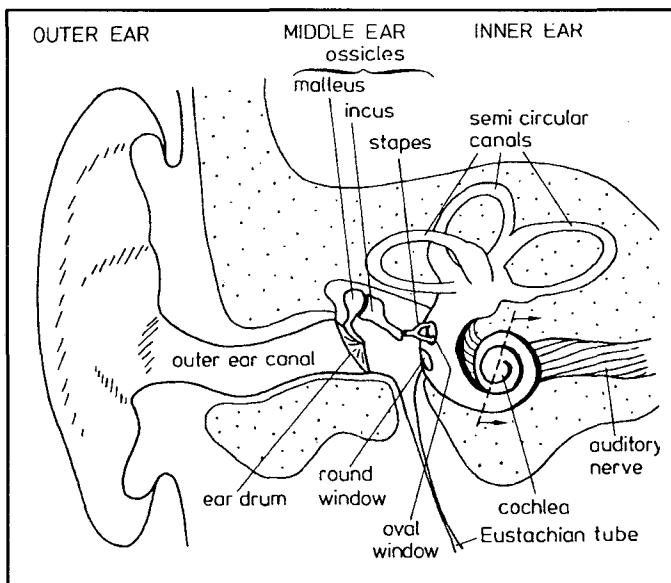


Figura 1.- Dibujo esquemático del oído externo, medio e interno. Nótese que la estructura en espiral es la cóclea.

del oído medio resulta en una pérdida conductiva, que suele ser médica mente tratable -a menudo quirúrgicamente- o pasajera -causada por un resfriado, congestión nasal,...-. Las pérdidas más difíciles de corregir, y desafortunadamente las más habituales, son las causadas por el deterioro o malformación del oído interno. Dichas pérdidas se denominan sensoriales, ya que son consecuencia de una disfunción del aparato sensitivo por excelencia: la cóclea. Si la lesión es posterior, o sea, de las vías nerviosas, se dice que la pérdida es retrococlear. Las pérdidas sensoriales no tienen solución quirúrgica posible, pero muchas de ellas pueden corregirse mediante una prótesis auditiva -audífono-, que entrega la señal acústica amplificada al canal auditivo externo. Pero, si la pérdida es muy

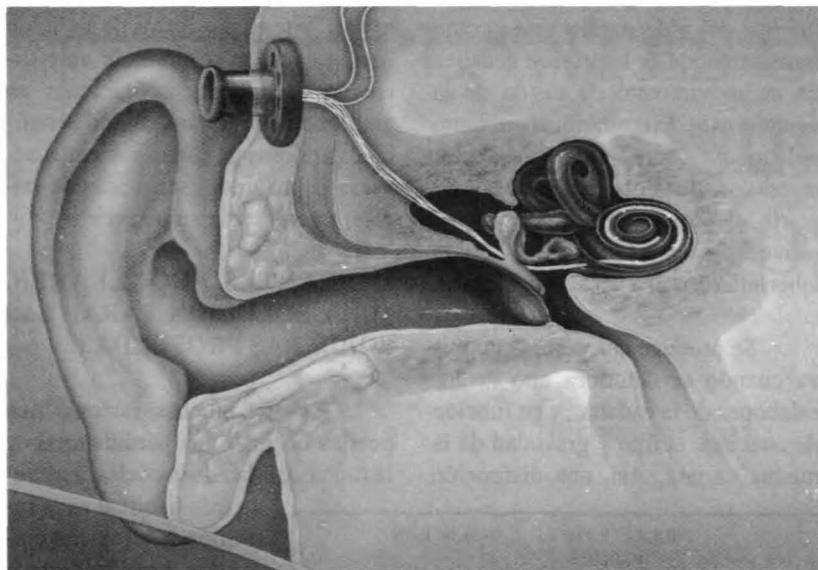


Figura 2.- Dibujo esquemático del aparato auditivo después de ser implantado el haz de electrodos en la cóclea. Nótese que dicho sistema corresponde a un implante percutáneo, ya que la comunicación entre electrodos y el exterior se establece por contacto eléctrico directo, a través del enchufe atornillado al hueso mastoides, que sobresale fuera de la piel.

inservible en este tipo de pacientes, por un procesador electrónico artificial que entrega una réplica aproximada de la señal que generaría una cóclea sana. La figura 2 muestra un esquema del aparato auditivo con el haz de electrodos introducido ya en la cóclea.

¿Por qué se utilizan varios electrodos? Aunque todavía existen muchos interrogantes en torno al funcionamiento de la cóclea, y sobretodo acerca de la integración e identificación de la señal acústica a nivel cerebral, existe hoy en día una teoría de amplia aceptación en todo el mundo: la teoría tonotópica. Se ha demostrado mediante experimentos que la cóclea, además de ser el órgano sensitivo, también cumple la función de la discriminación frecuencial. La teoría tonotópica dice que cada una de las partes de la cóclea es sensible a una cierta frecuencia, de manera que las zonas de la espiral más cercanas a la ventana oval responden a las altas frecuencias, y a medida que nos alejamos de dicho punto y nos dirigimos a las zonas más apicales, la cóclea se hace más sensible a las bajas frecuencias. Por lo tanto, si estimulamos las zonas cercanas a la ventana oval con una señal eléctrica, la sensación sonora recogida a nivel cerebral será

aguda, mientras que si lo hacemos en una zona más alejada de la misma, el sonido percibido será más grave. De ahí surge la necesidad de estimular condiscos diversos electrodos repartidos uniformemente a lo largo de la totalidad de la cóclea, de manera que cada uno de ellos responda a señales de entrada de frecuencias distintas.

DESCRIPCIÓN DE UN IMPLANTE COCLEAR

Un implante coclear consta de: micrófono, procesador, interfase procesador-electrodos y un haz de electrodos. Las diferencias entre los distintos implantes cocleares existentes hoy en día pueden clasificarse de la siguiente manera:

Según el número de electrodos: Los sistemas existentes utilizan de 4 a 22 electrodos. En principio, cuantos más electrodos se implantan, más selectivo en frecuencia se hace el sistema, pero existe un efecto que reduce el máximo efectivo posible de electrodos: la estimulación proporcionada por un elec-

trodo tiene un área de influencia relativamente extensa, debida a la baja resistencia del medio en que se halla. La atenuación a una distancia dada del electrodo es, en el mejor de los casos, de aproximadamente 10 dB/mm -este parámetro varía en función del tamaño y geometría de los electrodos implantados-, de manera que las señales de dos electrodos adyacentes pueden interferir sustancialmente si no se establece una distancia mínima entre ellos. De hecho, muchos implantes cocleares dotados de gran cantidad de electrodos -algunos llegan a tener 22 electrodos-, a efectos prácticos se comportan como si tuvieran muchos menos, debido a la influencia de unos sobre los otros. Otro problema derivado de la utilización de un alto número de electrodos es que si estuvieran activos la totalidad de ellos a la vez, la corriente total que atravesaría la cóclea sería la suma de las corrientes liberadas por cada electrodo. Por lo tanto la intensidad total podría llegar a niveles demasiado elevados. Para prevenir ese efecto se suelen emplear estrategias de multiplexación temporal, es decir, en cada instante de tiempo sólo hay unos pocos electrodos activos, de manera que la corriente total instantánea que atraviesa la cóclea nunca es mayor que la que entrega un número reducido de ellos. Este proceso se hace a una velocidad suficientemente alta para que el efecto de activación/desactivación de los electrodos sea imperceptible para el paciente.

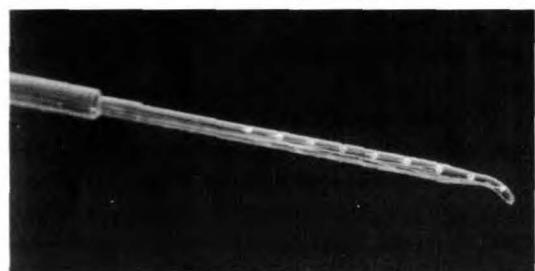


Figura 3.- Haz de 16 electrodos. Pueden configurarse como 15 electrodos monopulares, actuando uno de ellos como referencia, o como 8 electrodos bipolares. Los cables que conectan a cada uno de los electrodos están recubiertos de un material aislante y biocompatible. Cada bolita constituye un electrodo, y éstos sobresalen de la funda aislante para establecer contacto con la cóclea.

Según el tipo de electrodo:

Existen dos tipos de electrodos distintos, según su terminal de referencia. La configuración *monopolar* consta de tantos electrodos como bandas frecuenciales tenga el sistema, más un electrodo adicional de referencia común a los anteriores. Otra tipo de configuración es la *bipolar*. Esta consta de dos electrodos por banda frecuencial, de manera que cada una ellas tiene su propio terminal de referencia. La ventaja principal de éste último con respecto al primero es que, al estar tan próximos el electrodo emisor y el de referencia, la energía se concentra en mayor medida, por lo que los niveles de corriente necesarios para la estimulación son más bajos. De esta manera, los electrodos pueden ser más pequeños, lo que facilita su inserción en la cóclea, y a la vez reduce el efecto invasivo de los mismos al penetrar por el oído interno. Otra ventaja estriba en que al no concentrarse la corriente de retorno de todos los electrodos en un único punto, la densidad de corriente que atraviesa una porción dada de la cóclea es menor. En la figura 3 se muestra un haz de 16 electrodos, que pueden configurarse como 15 monopolares y uno de referencia, o como 8 electrodos bipolares.

Según el tipo de procesador:

El procesador realiza tres funciones fundamentales. La primera es regular el nivel de corriente que se proporciona a los electrodos. Hay que tener mucho

cuidado de no entregar niveles demasiado altos: en primer lugar porque ello podría causar sensaciones desagradables al paciente, e incluso lesiones si los niveles llegan a ser suficientemente altos, y en segundo lugar, porque un excesivo flujo de corriente podría provocar la electrolisis de algunas sustancias que se encuentran disueltas en el medio intercelular, dando como resultado productos tóxicos. Otra de las funciones importantes que realiza el procesador es la separación de la señal en tantas bandas frecuenciales como electrodos tenga el sistema. Así, cada electrodo es estimulado sólo cuando la señal de entrada contiene formantes frecuenciales correspondientes al rango de frecuencias que se le ha asignado en función de su posición dentro de la cóclea. La tercera función, que es básicamente la que diferencia a los diversos sistemas de implantes cocleares existentes hoy en día, es la estrategia de codificación de la señal empleada. Existen, a grandes rasgos, dos tipos de codificación: analógica, es decir, se entrega a cada electrodo la porción de señal analógica correspondiente a la banda que se le ha asignado, y digital o mediante pulsos, que entrega a cada electrodo un tren de pulsos de amplitud proporcional a la intensidad de la señal detectada en cada banda. Los defensores de la última estrategia de codificación argumentan que no es tan importante la forma de la señal con que se estimula, como la zona de la cóclea a la que se entrega señal. De esta manera, si estimulamos en un punto

concreto de la cóclea, sensible a una banda frecuencial determinada, el cerebro percibirá dicha frecuencia independientemente de la forma de la señal con que estimulemos, siempre que su intensidad y duración, o sea su energía, sea suficiente. Es importante constatar que la células ciliadas actúan a modo de acumulador: hasta que no alcanzan cierto nivel de energía, no están preparadas para estimular las fibras nerviosas. Por el contrario, los que defienden el modelo analógico, argumentan que esa es una forma más natural de estimulación y en todo caso más coincidente con el modo de funcionamiento de una cóclea sana. Lo cierto es que no existe evidencia científica que dé la razón a unos u a otros, ya que todos los estudios al respecto se basan en datos experimentales extraídos del seguimiento clínico a pacientes implantados. De éstos se ha podido extraer la conclusión de que a largo plazo los dos sistemas conducen a los mismos resultados, si bien los implantados con sistemas analógicos llegan a resultados satisfactorios antes que los implantados con sistemas digitales. Llegado a este punto, podríamos pensar que los sistemas analógicos son más recomendables, ya que con ellos se alcanzan los mismos resultados que con los sistemas de codificación digital, pero más rápidamente. Es cierto, pero la verdad es que los sistemas digitales suponen una ventaja que quizás haga que merezca la pena invertir un poco más de tiempo en la rehabilitación del implantado, y es que éstos son mucho más

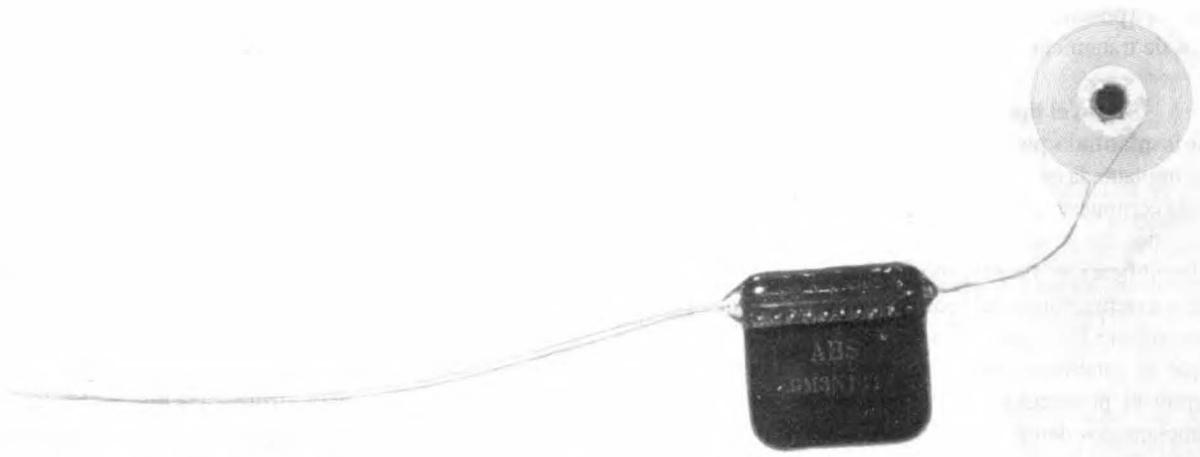


Figura 4.- Parte interna de un implante coclear transcutáneo. Consta de una bobina que actúa como antena receptora (al otro lado de la piel, en el exterior, se coloca otra de las mismas características que actúa de emisora), un circuito que genera un tren de pulsos correspondiente a la información codificada que recibe del procesador y el haz de electrodos que será insertado en la cóclea.



Figura 5.- Fotografía que muestra cómo el técnico audioprotesista efectúa el ajuste del implante mediante ordenador. Se trata de un implante percutáneo. Observar cómo se sujetan la bobina en el cráneo del paciente. El ordenador programa los parámetros del procesador de señal que se halla encima de la mesa.

flexibles y permiten un altísimo grado de libertad, ya que su algoritmo de codificación se programa mediante un ordenador. Hay que pensar que la colocación de los electrodos es un acto invasivo que puede llegar a destruir la cóclea por completo, y aunque parezca que eso no tiene menor importancia al ser precisamente implantados aquellos pacientes cuya cóclea es totalmente inservible, no podemos augurar hacia dónde va a avanzar el desarrollo científico de los años venideros. Es por ello que cuanta más flexibilidad se proporcione a los sistemas implantables, más amplio es el horizonte de adaptación a nuevas tecnologías y algoritmos que puedan surgir en el futuro. Y es claro que los sistemas que pueden amoldarse mejor a posibles exigencias futuras son los de tratamiento digital de la señal.

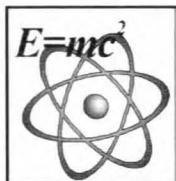
Según el tipo de interfase parte implantada/parte externa: La parte implantada en el cuerpo del paciente está compuesta por los electrodos y, en algunos casos, un circuito sencillo de decodificación. La parte no implantada o externa, consta del procesador y el micrófono. Es evidente la necesidad de que se establezca una comunicación entre el procesador y los electrodos implantados dentro de la cóclea. Una solución es hacer que esa comunicación se establezca por contacto eléctrico directo. En ese caso debe haber una comunicación física entre el medio

interno y el exterior. Para conseguirlo, se atornilla un conector en el cráneo del paciente - hueso mastoides-, de manera que los pins del conector estén en contacto eléctrico con los electrodos. Este tipo de implantes se denominan *percutáneos*, y presentan muchos inconvenientes, ya que el conector sale hacia el exterior del cráneo del paciente a través de la piel. En el esquema de la figura 2 se muestra el esquema de un implante percutáneo, donde puede observarse el enchufe que sobresale de la piel del paciente, atornillado al cráneo. Otro tipo de implantes son los llamados *transcutáneos*. Estos establecen la comunicación mediante ondas de radiofrecuencia, evitando el problema del contacto físico entre el medio interno del paciente y el exterior. Se suele situar una bobina como antena emisora pegada a la piel de la zona del mastoides. Al otro lado, bajo la piel, se implanta otra bobina que actúa como antena receptora. Como la distancia entre las dos antenas es de unos milímetros, correspondientes al espesor de la piel, las energías radiadas pueden ser muy bajas. Existe un sistema muy avanzado que establece la comunicación mediante ondas moduladas en amplitud, que rectifica la señal portadora para utilizarla como alimentación de los circuitos internos de codificación. En la figura 4 puede observarse la parte interna de uno implante transcutáneo.

CONSIDERACIONES GENERALES Y CONCLUSIONES

Es importante hacer notar que en ningún caso un implante coclear puede restituirla la audición a un paciente en las mismas condiciones que la de un oído sano. El conocimiento que se tiene hoy en día sobre el funcionamiento del órgano auditivo humano es todavía mínimo, si atendemos al desconocimiento existente acerca de la integración de la señal bioeléctrica a nivel cerebral. Ni siquiera existen evidencias concluyentes que determinen qué tipo de señal se debe entregar a nivel nervioso para garantizar la mejor restauración de la audición perdida. No se conoce el tipo de sensación que perciben los pacientes implantados, ya que ésta es totalmente subjetiva, pero sí se sabe que no es igual, ni tan siquiera parecida a la percibida por una persona con audición normal. Por lo tanto, si la persona es postlocutiva, o sea, se ha quedado sorda después de haber adquirido el lenguaje, tendrá que aprender a codificar e identificar los estímulos sonoros de manera distinta a como lo hacía antes. Ello se consigue a base de rehabilitación logopédica.

Lo que si es obvio y constatable es que el implante coclear es el mejor remedio de que se dispone hoy en día contra la sordera total, y que se ha llegado a resultados altamente satisfactorios realizando este tipo de implantes. También hay que mencionar que este campo de la bioingeniería se halla en una fase todavía experimental, y que por ello los implantes cocleares no se han divulgado a niveles extraprofesionales. Todas las aplicaciones de los mismos deben llevarse a cabo bajo riguroso control médico y evaluación psicológica previa al implante; no basta con que el paciente presente un cuadro médico favorable para la aplicación del mismo, sino que es igualmente importante que éste se encuentre en una predisposición mental adecuada para afrontar las nuevas sensaciones que va a experimentar, así como las nuevas connotaciones sociales que puede suponerle la transición del mundo de los sordos al de los normoyentes.



LA TEORIA DE LA RELATIVITAT

Jordi Cosp Vilella

Tots hem sentit a parlar de la teoria de la Relativitat, de la contracció del temps i de les longituds, de la curvatura de l'espai, però pocs han estat els privilegiats als que se'ls hi ha ensenyat les bases de la teoria. El cert és que quan se sent a parlar de Relativitat es posa la pell de gallina. Només de mencionar el nom apareixen les imatges de complicades equacions matemàtiques i conceptes inintel·ligibles manipulats per un monjo de la física teòrica tancat al seu despatx escrivint sobre un polsosa pissarra. Res més llunyà de la realitat. La teoria de la Relativitat no és fàcil, calen moltes matemàtiques per resoldre'n les equacions però això no vol dir que els conceptes fonamentals estiguin fora de l'abast de qualsevol persona mínimament interessada en el tema. Aquest fet queda en evidència si tenim en compte que fins fa cinc anys la teoria de la Relativitat especial estava al temari de física de primer curs de telecos.

No és la meva intenció escriure un tractat exhaustiu sobre Relativitat, al mercat es pot trobar llibres fantàstics sobre el tema i l'espai disponible en

una revista com aquesta amb prou feines permetria començar-lo. Només he intentat trencar el gel, obrir una escletxa en una porta perquè el lector pugui fer una ullada al que hi ha a l'altra banda. Serà feina seva obrir la

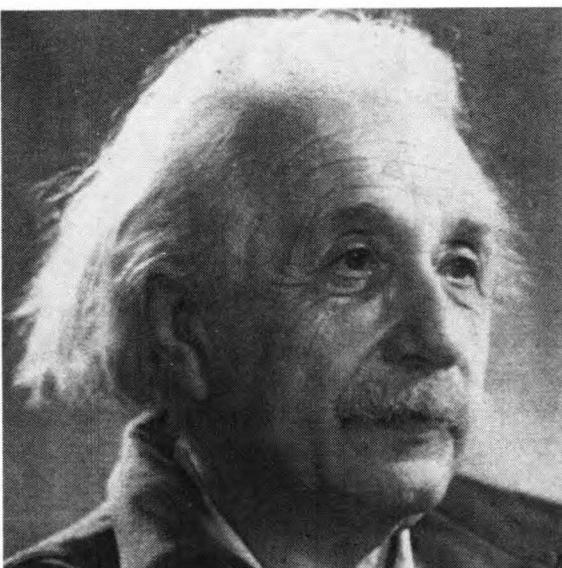


Figura 1.- Retrat d'Albert Einstein.

porta i acabar de descobrir tot el que s'amaga al seu darrera.

PRECURSORS DE LA RELATIVITAT.

Per comprendre millor la Relativitat i l'evolució que va dur a Einstein a formular-la caldria veure quines eren les bases de la física anteriors al segle XX. No donaré les tres lleis fonamentals de la Mecànica Clàssica (de ben segur que tothom ja les coneix) sinó que voldria fer notar

dues hipòtesis en les que es basava aquesta mecànica:

1.- L'intèrval de temps entre dos successos és independent de l'estat de moviment del cos de referència.

2.-L'intèrval espacial entre dos punts d'un cos rígid és independent de l'estat de moviment del cos de referència.

Semblen hipòtesis racionables i evidents. Tots els fenòmens que una persona pot experimentar sense l'ajuda de sofisticats aparells de mesura ens donen la raó. El temps i l'espai semblen magnituds universals constants per a qualsevol observador.

La Mecànica Clàssica s'havia mostrat com una eina extremadament potent. Amb l'ajuda del càlcul havia permès explicar els moviments dels cossos més pròxims a l'experiència, la propagació del so, la teoria cinètica dels gassos, les lleis fonamentals de la termodinàmica, etc... Era per això que també es va provar d'explicar la teoria electromagnètica de Maxwell amb les lleis clàssiques. Al cap i a la fi, si la llum no era res més que una ona, perquè havia de ser tant diferent del so?. La teoria mecànica de la llum l'interpretava com un moviment ondulatori en un medi elàstic (èter) que ocupava tot l'univers i fins i tot era capaç d'atravessar la matèria sense provocar fregament. L'èter era inmóbil, era solidari amb un sistema

JORDI COSP VILELLA és projectista del Departament de Teoria del Senyal i Comunicacions de la UPC i membre de la Branca d'Estudiants de l'IEEE

de referència universal respecte al que eren vàlides totes les lleis de la física. La resta d'observadors es trobarien, doncs, en uns altres sistemes no privilegiats.

A finals del segle XIX, però, la situació ja era insostenible. Nombrosos experiments determinaven que la velocitat de la llum era constant respecte al nostre sistema de referència, la Terra. Semblava evident que l'èter no podia ser solidari amb la Terra. Aquesta substància fanstasmal no podia donar voltes al voltant del Sol. Però llavors si els experiments ens mostraven que la llum tenia sempre la mateixa velocitat, algun error devien cometre. Fallava l'experiència o la raó.

Es va donar nombroses explicacions d'aquest fet però cap de totalment satisfactòria. Algunes, com la de Lorentz, donava expressions matemàtiques correctes però continuava basant-se amb la mecànica de Newton. D'altres, com la de Mach i la de Pointcaré, captaven parcialment el concepte però no eren completes.

LA RELATIVITAT ESPECIAL.

Finalment, al 1905, Albert Einstein publicà el seu article 'Sobre l'electrodinàmica dels cossos en moviment'. En ell no buscava efectes estranys que expliquessin les observacions per així mantenir un principis dogmàtics sinó que negava aquests principis i n'afirmava uns altres de diferents.

Al començament del seu article, Einstein, basant-se en les lleis de Maxwell, postula el seu Principi de Relativitat en el que diu que:

1.-Les lleis de l'electrodinàmica i l'òptica són vàlides per a qualsevol sistema de referència pel que són vàlides les equacions de la mecànica.

i també afegeix un segon postulat:

2.-La llum es propaga en el buit a una velocitat c independentment de la velocitat de la font.

Aquests dos postulats topen frontalment amb les dues hipòtesis enunciades més amunt de la constància de les distàncies temporals

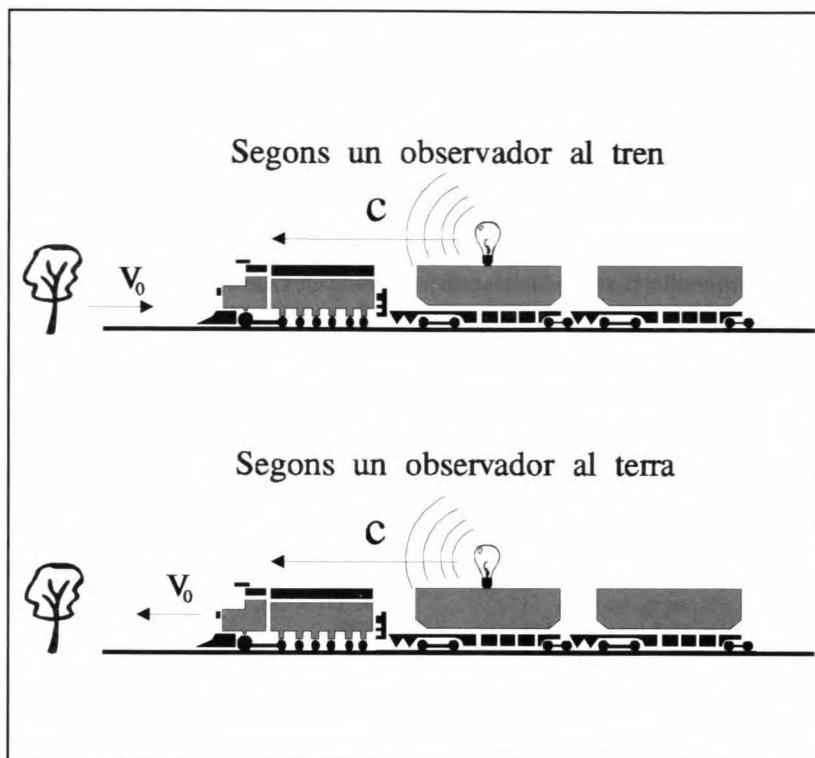


Figura 2.- Un observador situat al tren el veuria quiet, els arbres moure's i la llum generada al tren viatjar a una velocitat c . Un observador situat al terra veuria els arbres quiets i el tren moure's però la llum provenint del tren també viatjaria a una velocitat c .

i espacials. Einstein acabava de fer el pas decisiu, la Mecànica Clàssica havia mort com a una realitat universal i passava a ser una bona aproximació per a la majoria dels efectes físics.

En el punt en que es comença a explicar una teoria com la de la Relativitat es corre el perill de perdre rigor científic quan no es vol que l'escrit s'acabi convertint en un munt de fórmules impossibles de digerir per un lector no massa avessat a les matemàtiques. Tot i així, per una millor comprensió i facilitat de lectura, el millor és veure uns quants exemples amb el menor nombre de fórmules possibles i així poder transmetre de forma amena els conceptes relativistes encara que matemàticament el tractat no sigui complert.

Per començar convé entendre bé els postulats i el més complicat és el segon. Per entendre'l ens podem imaginar un tren que es mou a una velocitat v_0 respecte les vies (figura 2). Sobre d'ell s'hi troba una llanterna

que emet llum en la direcció i sentit del moviment del tren. Aquesta llum viatjarà a una velocitat c respecte el tren. Fins aquí no hi trobem res d'anormal. La diferència amb la Mecànica Clàssica apareix quan el segon postulat ens diu que un observador situat a terra veurà viatjar la llum també a una velocitat c enllot de $(v_0 + c)$ com ens diria el sentit comú.

En aquest moment ja podem entendre com la Relativitat nega la hipòtesi de la constància universal del temps que l'experiència quotidiana ens afirma. Realitzem un experiment imaginari consistent en un tren de longitud d mouent-se a una velocitat constant v_0 amb un aparell al mig capaç d'emetre polsos de llum cap a totes les direccions de l'espai (figura 3). Suposem que en $t=0$ la font emet un pols de llum. Aquest, segons un observador que es mogui amb el tren, haurà de viatjar una distància $d/2$ cap endavant i una altra d'igual cap enrera a una velocitat constant c . És per això que aquest observador veurà com els dos polsos arriben simultaniament al principi i al final



del tren. En canvi un observador situat fora del tren, en repòs respecte la via, també veurà propagar-se la llum a una velocitat constant c però en aquest cas primer arribarà el pols al final del tren que al principi donat que el final viatja cap a la font i el principi se n'allunya. En aquest cas, dos esdeveniments (l'arribada dels polsos de llum als extrems del tren) en un sistema de referència (el tren) són simultanis mentres que en un altre (el terra) no tenen lloc al mateix temps. Amb un raonament similar també s'arriba a la conclusió que les longituds tampoc són iguals quan es medeixen en diferents sistemes de referència inercials.

No voldria acabar aquesta exposició sobre la Relativitat especial sense mencionar la famosa fórmula d'Einstein $E=mc^2$. En ella ens diu que tant la massa com l'energia d'un cos estan íntimament relacionades per la velocitat de la llum, és a dir,

passen de ser conceptes diferenciatos a ser dues cares d'una mateixa moneda. L'experiència ens diu que quan entreguem energia a un cos, aquest normalment el que fa és accelerar-se, és a dir, treballant a velocitats baixes augmenta la seva velocitat. En canvi, quan la velocitat d'aquest cos ja és molt elevada no pot continuar creixent al mateix ritme que quan està en repòs, la velocitat té un límit, però cal mantenir el principi de la conservació de la massa-energia. L'única solució és que aquesta energia entregada no es converteixi tota en cinètica sinó que augmenti la massa i així faci encara més difícil una nova acceleració. Recordeu la segona llei de Newton.

LA RELATIVITAT GENERAL.

Si es mira atentament la teoria especial de la Relativitat, en el primer postulat s'affirma que les lleis de la electrodinàmica són vàlides en els

sistemes que són vàlides les lleis de la mecànica. Això realment no ens està dient que tots els sistemes siguin vàlids, només ho són els que descriuen un moviment uniforme, els que no estan accelerats. Podem endevinar que la teoria no era completa. Per què hi havia d'haver encara uns sistemes privilegiats respecte als altres? Seria com afirmar que les direccions horizontals són diferents de la vertical perquè la llei de la inèrcia es manifesta molt més clarament en les primeres.

Quan Einstein va intentar explicar els camps gravitatoris es va trobar que amb només la Relativitat especial no podia, calia una altra teoria molt més general. No fou fins al cap de 10 anys i d'acceptar que la seva primera teoria era un joc de nens comparada amb la segona que no va publicar la teoria general de la Relativitat. En ella es pot aproximar el primer postulat per:

1.-Tots els cossos de referència són equivalents de cara a la descripció de la Natura, sigui quin sigui el seu moviment.

Aquesta definició no és del tot certa però una definició més precisa s'escapa de la intenció d'aquest article.

La teoria general de la Relativitat es basa en el principi d'equivalència de la gravitació i la inèrcia. És a dir, no es pot distingir entre un moviment produït per una força inercial (acceleració, força centrífuga, etc...) o una força gravitatori. Aquest principi es pot explicar amb els següents exemples. Imagineu un observador tancat en un ascensor sense cap finestra que li pugui mostrar l'exterior i totalment allunyat de qualsevol força o camp gravitatori. Quan aquest observador deixés anar un objecte a l'aire, aquest, segons la llei de la inèrcia, continuaria el seu moviment flotant per l'aire fins a xocar amb alguna de les parets. Suposem ara que l'observador juntament amb l'ascensor està caient sobre la Terra. Si deixés anar qualsevol objecte o fins i tot quan ell fes el mínim moviment també perdria el control i sortiria flotant ja que tots els

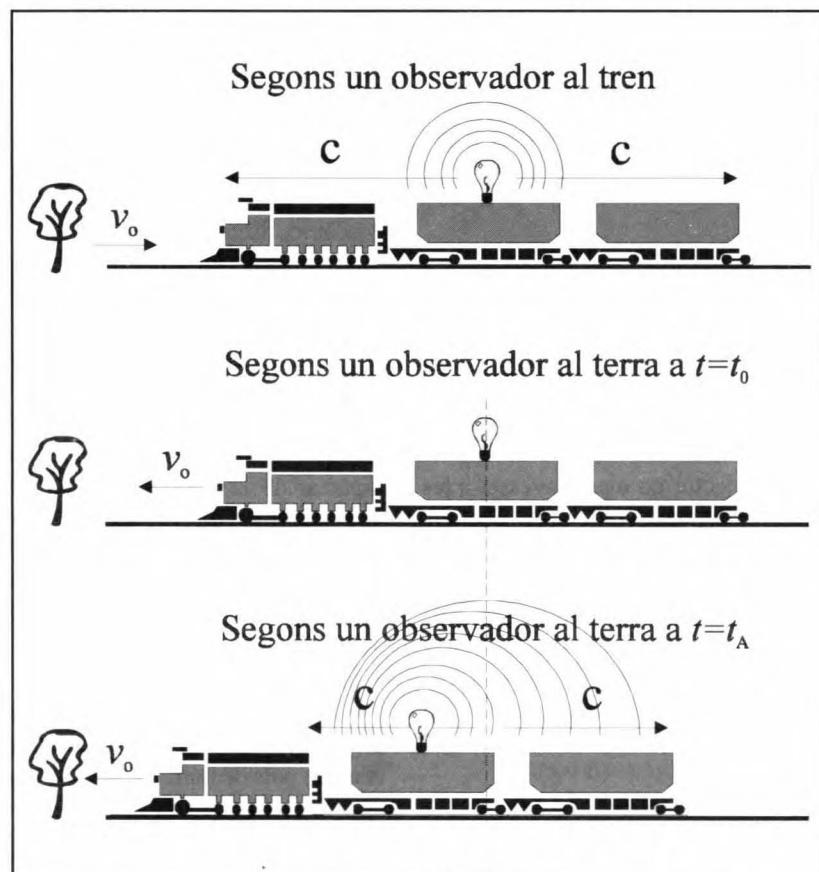


Figura 3.- Per a un observador al tren l'arribada dels rajos de llum als extrems del tren és simultània. Per a un altre al terra a $t=t_0$ s'emet el pols de llum. Però degut a què el tren s'està desplaçant i c és constant, la cua persegueix la llum i l'atrau abans que el cap que se n'allunya. Al dibuix no s'ha tingut en compte la disminució de les longituds.

elements del sistema estan accelerats igualment, entre ells no hi ha cap diferència. Aquest observador no podria distingir si està flotant per l'espai o caient en el buit.

Un cas anàleg seria si algun ésser empenyés l'ascensor amb una acceleració constant. L'observador experimentaria una força en sentit contrari a l'acceleració que l'enganyaria al terra, fet que no es podria distingir del que pasaria si situéssim l'ascensor en repòs a la superfície d'un planeta, on l'observador continuaria experimentant una força, el pes, que seria per ell igual que l'anterior en tots els aspectes. Per Einstein una força gravitatòria no és més que una il·lusió dels nostres sentits. No existeix cap força màgica que actuï a distància pel sol fet d'existir un cos amb massa sinó que aquest cos provoca una distorsió geomètrica a l'espai que l'envolta. Simplement els cossos segueixen la llei de la inèrcia en un espai diferent del que captal l'experiència quotidiana.

Un dels efectes d'aquest principi és la curvatura de la trajectòria de la llum sota un camp gravitatori. Si ens tornem a imaginar l'ascensor d'abans però aquest cop amb un forat per on hi pugui entrar un raig de llum i li apliquem una forta acceleració cap 'amunt', si la llum entra horitzontalment a una alçada de, diguem, 1 metre sobre el terra, quan hagi travessat l'ascensor i degut a la velocitat finita de la llum, aquesta arribarà a l'altra paret a una alçada més baixa de la que havia entrat. La llum s'ha corbat. Però com que el principi d'equivalència de la gravitació i de la inèrcia diu que no podem distingir els efectes d'una força inercial i una de gravitatòria, la llum quan travessa un camp gravitatori també s'ha de corbar. Aquesta va ser una de les proves fonamentals de la

teoria. Quan en el 1919 un eclipsi solar va permetre observar les estrelles que s'havien de veure pròximes al Sol, la seva posició aparent havia canviat respecte un altre moment del dia en que el sol no es troava al mig de la trajectòria de la llum (figura 4).

En la Relativitat especial havíem vist que la velocitat de la llum era constant, però ara, en canvi, veiem que la llum es pot corbar. Si un raig de llum, que no és més que un front d'ona, es corba, la part exterior del front ha de viatjar més depressa que la interior. No, no es tracta de cap

que no vol dir que un enginyer o informàtic sigui incapàc de comprendre-la. Per aprendre, que no vol dir aprovar exàmens, només calen les ganes. El temps i la capacitat també són importants però secundaris. En aquest article em limitaré a mostrar alguna idea sobre els conceptes matemàtics que cal utilitzar i la millor manera és amb uns exemples quotidians.

Si un cartògraf vol fer un plànol de la ciutat de Barcelona no tindrà cap problema amb la curvatura de la Terra, podrà obviar-la. Aquest és el

nostre espai més proper sense un camp gravitatori massa gran. En canvi, si vol fer un mapa d'Euràsia haurà de tenir en compte que només podrà representar la projecció d'un casquet esfèric sobre un pla. Aquesta seria una porció gran del nostre Univers en la que hauríem de tenir en compte la teoria de la Relativitat. Un altre cas semblant seria si volguéssim dibuixar un triangle sobre la superfície de la Terra (figura 5). Suposem que una part del triangle és un segment de l'Equador i que els costats són dos quartos de meridians que van des de l'Equador al Pol Nord. Els meridians són per-

pendiculars a l'Equador, formen amb ell un angle de 90° . Per tant, la suma de dos angles del triangle serà de 180° mesurats sobre la Terra. Però encara falta un tercer angle, el que formen els dos meridians al Pol Nord i aquest serà sempre més gran que zero. Aquest és un cas en que, en contra del que ens han ensenyat sempre, la suma dels angles d'un triangle és més gran que 180° . Quan considerem la geometria de la superfície de la Terra com bidimensional no podem aplicar la geometria euclidiana, la geometria que podem experimentar sobre un pla 'de veritat'. El mateix passa amb l'Univers. En el nostre àmbit més proper el veiem 'pla', podem acceptar

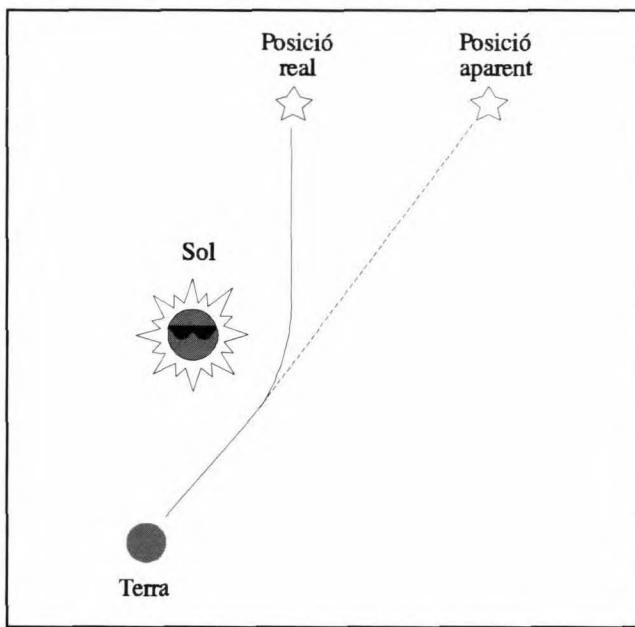


Figura 4.- El raig de llum provenint d'una estrella, en passar a prop del Sol, es corba i a la Terra se la veu en una altra posició.

fàlacia o contradicció apparent. El segon postulat de la Relativitat especial no és cert sota la influència de camps gravitatoris. Cal remarcar que això no nega la validesa de la Relativitat especial. Així com l'electrostàtica és el cas límit de l'electrodinàmica en el que no hi ha moviment, la Relativitat especial és el cas límit de la general en el que no hi ha ni acceleracions ni camps gravitatoris.

Finalment quedaria explicar tot l'aparell matemàtic que comporta la teoria de la Relativitat general. Com ja he dit al principi no és senzill. Aquest tipus de matemàtica no s'ensenya a les carreres tècniques, el

com a cert el principi d'Euclides que diu que la línia recta és la trajectòria més curta entre dos punts. En canvi, quan ens situem a escales molt més grans, les masses provoquen curvatures en l'espai-temps que deformen la nostra visió de la Natura. És convenient remarcar que tot i que els nostres sentits ens enganyin en un principi, dels efectes d'aquestes projeccions podem deduir l'estructura real. Els grecs tot i no disposar de vehicles espacials per observar la Terra des de l'exterior ja sabien que era esfèrica.

CONCLUSIONS.

La Relativitat ens ha permès adonar-nos que el que nosaltres, segons la nostra experiència, percebem com a realitats, la invariança de l'espai i del temps, no són altra cosa que conceptes de la nostra perspectiva i és natural que canviïn segons el punt de vista. Com que no existeix una perspectiva privilegiada, tots els sistemes de referència són igual de vàlids per descriure els fenòmens de la Natura. La física anterior a Einstein no ho havia assumit encara i considerava que el seu punt de vista era el privilegiat. Primer Aristòtil i Ptolomeu van concebre un Cosmos geocèntric on el lloc habitat per l'Home, i per tant el mateix Home, tenia una importància fonamental a l'Univers. Aquesta visió cosmològica va perdurar durant tota l'Edat Mitjana fins que Galileo i Newton van donar el model matemàtic per concebre un altre Cosmos on la Terra ja no n'era el centre sinó el Sol i les estrelles fixes. Aquest model tot i semblar radicalment diferent de l'anterior és més igual del que aparenta. S'havia canviat el centre de l'Univers però s'havia mantingut l'essència de la teoria anterior, l'Univers continuava tenint un centre, continuava tenint un observador privilegiat amb un nom diferent, ara s'anomenava èter. No voldria treure mèrit a Newton i la



Figura 5.- La suma dels angles d'un triangle dibuixat sobre la Terra és més gran que 180° .

resta de científics de l'època, ells ens van donar la forma de calcular els efectes físics més propers a nosaltres i sense ells segurament no coneixeríem la Relativitat. El més greu va ser que tot i saber que la seva visió del Cosmos era parcial, els seus seguidors la van prendre com a dogmàtica.

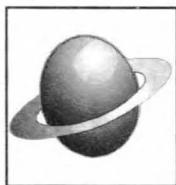
Amb la teoria de la Relativitat es va trencar aquest esquema. La nostra visió local de l'Univers no era extrapolable a la resta del Cosmos. Calia trencar amb uns conceptes fortament arrelats a les nostres consciències per adquirir-ne uns altres de més universals.

Crec que la part més important d'aquesta teoria no és la part matemàtica, ni els seus postulats amb les seves conseqüències sobre la física moderna, ni tant sols la nova concepció de la Natura i de l'Univers del que tots en formem part, sinó que és una mostra d'humilitat dels nostres limitats coneixements físics. Quan creíem que la Mecànica Clàssica podia explicar tots els fenòmens observables va sorgir la Relativitat, capaç d'explicar les llacunes de l'anterior. També cal tenir en compte que la Relativitat continua tenint llacunes, que no és coherent amb la

Mecànica Quàntica i que els científics s'hi han estat barallant durant quasi tot aquest segle. Quan temps ens haurem de passar donant voltes postulant cada vegada noves teories que tapen llacunes per obrir-ne d'altres? Potser la ciència està seguint un camí equivocat com a finals del segle passat quan volia explicar l'electrodinàmica amb les hipòtesis de la Mecànica Clàssica de la invariança del temps i de l'espai. Podria ser que mentre ens limitem a creure en la física de forma dogmàtica siguem incapços de veure d'altres possibilitats que fa molt temps que ja tenim al nostre abast. Potser l'Home té més importància del que ens creiem, no per tot l'Univers però si per nosaltres mateixos.

BIBLIOGRAFIA.

- [1] ALBERT EINSTEIN: *Sobre la teoría de la Relatividad especial i general*. Alianza Editorial, LB1048.
 - [2] ALBERT EINSTEIN: *Notas autobiográficas*. Alianza Editorial, LB1005. 1949.
 - [3] ALBERT EINSTEIN: *El significado de la Relatividad*. Obras maestras del pensamiento contemporáneo.
 - [4] ALBERT EINSTEIN ET AL.: *Lateoria de la Relatividad*, Grandes Obras del Pensamiento, 4. Ed. Altaya, 1995.
 - [5] ALBERT EINSTEIN: *Mis ideas y opiniones*. Antoni Bosch Editor, 1990.
 - [6] LINCOLN BARNETT: *El Universo y el Doctor Einstein*. Fondo de Cultura Económica, 132. 1948.
 - [7] DESIDERIO PAPP: *Einstein. Historia de un espíritu*. Colección Austral 1606. Espasa Calpe, 1981.
 - [8] BANESH HOFFMAN: *Einstein*. Biblioteca Salvat de grandes biografías, 1987.
 - [9] BANESH HOFFMAN: *La Relatividad y sus orígenes*. Ed. Labor.
 - [10] NAYLA FAROUKI: *La Relatividad*. Dominós. Círculo de Lectores. 1993*
 - [11] PAULA TIPLER: *Física Moderna*. Ed Reverté, 1985
- Les dates marcades amb un asterisc (*) indiquen l'any de publicació de l'original.



INTRODUCCIÓN A LA ASTRONOMÍA

Javier Amador Lozano

Cuando la meteorología nos es propicia, raramente se nos escapa la tendencia natural a mirar un cielo estrellado. Y en nuestro afán por la observación, construimos artefactos más y más sofisticados que nos permitan aumentar nuestros conocimientos sobre el Universo. Pero son unos pocos elegidos los que tienen acceso a esos fabulosos telescopios; ¿qué posibilidades tiene un astrónomo aficionado para observar el cielo?

Quizá muchos de vosotros hayáis acudido alguna vez a un Planetario atraídos sobre todo por lo desconocido del Universo. Seguro que la sesión fue espectacular, pero no os engañéis, la realidad es mucho más fantástica y excitante. Lo primero que debería hacer un iniciado es la de evaluar su propio interés por la astronomía. Y el mejor método es

leer libros y artículos en revistas especializadas. Conviene escoger títulos introductorios, evitando profundas exposiciones sobre los muy diversos temas que abarca la astronomía. Acudir a una biblioteca pública es la manera más barata de iniciarse. Si el aficionado quisiera adquirir algún libro en especial debería saber que no es necesario adquirir muchos libros, ya que los que escasamente se encuentran en las librerías suelen ser introductorios y todos ellos vienen a decir lo mismo. Con un completo libro que nos dé información detallada de los planetas y objetos del espacio profundo, una guía de campo que nos acompañe en nuestras sesiones de astronomía y una carta astronómica nos basta.

Pero el medio que nos acerca más a la astronomía son las revistas, donde nos informan de los últimos descu-

brimientos, de los últimos avances técnicos y de las efemérides locales, proporcionándonos además un medio común donde expresarnos. Pero para el iniciado resultan una trampa. Cuando el aficionado observa por primera vez un libro o revista bien nutrida de fotografías de planetas y objetos estelares se pregunta inmediatamente: ¿podré yo ver

eso? La lamentable verdad es que en la mayoría de los casos no será posible. Las fotografías que aparecen en las guías suelen estar tomadas mediante instrumentos de gran tamaño y de muy alta calidad, y además retocadas fotográficamente para realzar los colores. No obstante, avistar una nebulosa es mucho más excitante que verla en fotografía, por buena que ésta sea.

Algunas de esas revistas astronómicas proporcionan las características de los instrumentos con que se capturan las imágenes que en ellas aparecen. Sabido el tipo de telescopio usado, sólo hace falta echar una ojeada a la publicidad que las acompaña para darse cuenta que "tocar" las estrellas resulta caro. Pero ¿es realmente necesario disponer de un telescopio? Demasiados factores intervienen como para dar



Figura 1.



una respuesta rotunda a esta pregunta. Por un lado nadie debería perderse la posibilidad de admirar la extrema belleza de los anillos de Saturno, o de la nebulosa Roseta, o del cúmulo de las pléyades (la lista es literalmente infinita). Pero por otro, el coste de un buen telescopio y sus accesorios hace desaconsejable su compra, a menos que se le vaya a dar un uso más profesional.

Además, tener un telescopio no es suficiente para observar el cielo. Se deben dar ciertas condiciones atmosféricas.

Es absurdo usar un telescopio en una ciudad populosa, donde la contaminación luminosa y gaseosa echa por tierra las buenas intenciones del astrónomo aficionado. Si bien es cierto que existen filtros especiales para reducir el efecto de la iluminación de las grandes urbes, aun queda un serio obstáculo que hay que tener muy presente: es imprescindible disponer de un observatorio con buena visibilidad, que nos permita orientar el telescopio hacia cualquier punto de la esfera celeste. En caso de existir algún obstáculo que nos prive de parte de la visión y haciendo uso de la ley de Murphy, podemos asegurar que a la hora en que decidamos observar un objeto, éste estará siempre oculto por el obstáculo. No falla. Si finalmente hemos conseguido salvar todos estos impedimentos, aún queda esperar que el parte meteorológico nos sea favorable y nos agracie con una noche despejada.

En conclusión, a menos que se esté dispuesto a hacer un gran desembolso, el aficionado está condenado a usar los dos pequeños telescopios con que nos dotó

la Naturaleza. Aún así, el mejor consejo que se puede dar es el de la adquisición de unos prismáticos de calidad (70x50) que permitirán ver un parte importante de los objetos celestes (la Luna, estrellas variables, alguna nebulosa, alguna galaxia, y la totalidad del catálogo Messier -nada menos que 110 objetos-). En el caso de que el oso aficionado decida adquirir un telescopio le convendría informarse bien sobre los diferentes tipos que existen (reflectores, refractores,...), sus calidades (en óptica y montura), y como no, sus precios (más de 100.000 pts para uno aceptable).

Si finalmente el protoastrónomo consigue tener en sus manos uno de estos instrumentos durante una noche, le vendría bien observar ciertas normas que le servirán de utilidad: como ya se ha di-

cho, alejarse de las fuentes de luz, tanto lejanas (una autopista, una ciudad) como cercanas (una farola puede ser tanto o más molesta que las luces de un estadio); usar linternas rojas de tenue intensidad para evitar contraer una pupila que tanto tiempo ha necesitado para dilatarse; adoptar una posición cómoda si la sesión va a ser larga (una tumbona con reposabrazos para los prismáticos, una silla para el telescopio); abrigarse bien, sobre todo si la sesión se produce en invierno (cuando la estabilidad atmosférica es mayor), dado que la actividad corporal de un astrónomo es mínima; pero lo más importante es una buena preparación. Saber antes de que llegue la noche qué objetos se pretenden observar, qué posición ocupan, a qué hora hará la Luna su aparición, a qué otra desaparece Júpiter,... es de vital importancia para el éxito de la sesión.

En fin, que lo peor que el aficionado novel puede hacer es precipitarse debido a un exceso de entusiasmo. pero esto no debe desanimarle en su interés por ampliar sus conocimientos sobre el Universo en el que nos ha tocado vivir.

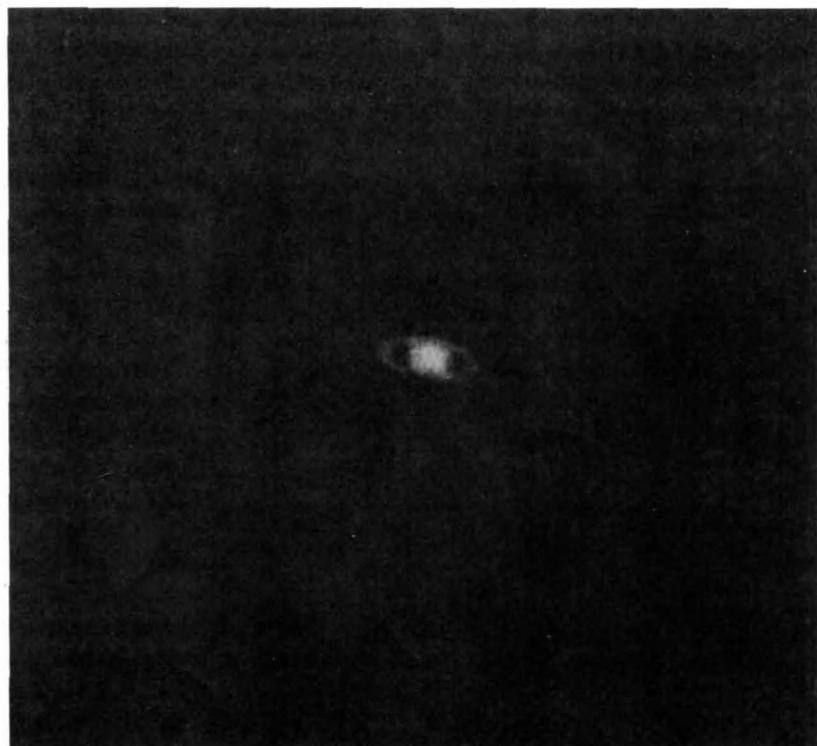


Figura 2.

“Cuando era joven, sentí un irresistible deseo de conocer la ciencia llamada física. Me parecía extraordinario conocer el porqué de la vida, muerte y existencia de todos los seres. Me esforzaba en examinar si los seres vivos proceden del calor y del frío, después de haber sufrido una corrupción, o si es el aire o el fuego, o ninguno de estos elementos, y es únicamente el cerebro el productor de nuestras sensaciones visuales, auditivas y olfativas. Me preguntaba si de ellas nacen la memoria y las ideas de donde se engendra la ciencia. Investigaba también las causas de la corrupción, llevando mi curiosidad hasta los fenómenos celestes y terrestres, hasta que me di cuenta de lo inepto que resultaba en tales investigaciones. Decidí iniciar otro sistema y emprender nuevas averiguaciones.”

DIALOGOS. Fedón. Platón

Si alguno de vosotros le ha dado vueltas alguna vez a todo lo que se expresa en ese párrafo y aún

no se ha hecho miembro de AESELL'estudiants, ¿a qué espera?.Fuera miembro de AESELL'estudiants, ¿a qué espera?.Fuera bromas, como el espacio es limitado lo aprovecharé para pediros disculpas por haber puesto la conferencia del pasado 2 de Marzo en Jueves, pero compromisos de la conferenciante impidieron que se hiciera en miércoles. Gracias a todos los presentes .A los que esteis esperando las próximas sesiones Star Trek no os gustará saber que de momento no podemos hacer uso del material de la UPC para los pases hasta que no dispongamos por escrito del permiso adecuado por parte de quién tiene los derechos de la serie.

A continuación os presentamos un interesante artículo sobre la futura estación espacial que significa un proyecto de cooperación internacional.

No hay espacio para más. Os esperamos a todos el 29 de Marzo en el concurso de robots.

EL NUEVO ESPÍRITU ESPACIAL

Daniel González

La estación espacial americana significa una cooperación internacional. Representa un nuevo espíritu y un mayor grado de colaboración entre las naciones empeñadas en la aventura espacial, colaboración que permitirá crear el laboratorio orbital más sofisticado de la historia. Esta infraestructura constituirá la próxima etapa lógica en la exploración y utilización del espacio por el hombre. Por primera vez ofrecerá un ambiente de trabajo en mangas de camisa que permitirá a las mujeres y a los hombres vivir y trabajar en el espacio permanentemente. La tripulación y los equipos que podrá recibir la estación espacial sobrepasarán todo lo que ha sido realizado antes, ofreciendo la potencia necesaria para trabajos muy diversos. Todos estos elementos servirán de soporte a numerosos objetivos que ninguna instalación ha podido ofrecer hasta el presente. De aquí a fin de siglo, la

estación espacial hará caer las barreras que limitan la duración de las misiones espaciales, también abrirá la vía a una utilización civil sofisticada del espacio para el siglo XXI y más allá.

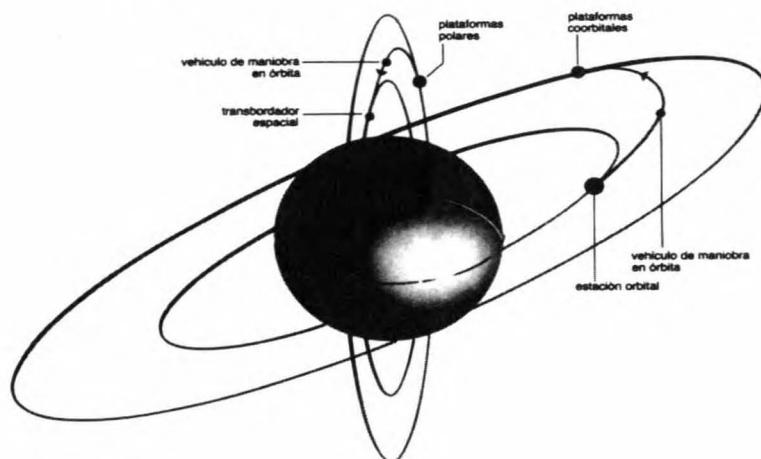
La estación espacial es un programa civil. Sin embargo, el Department of Defense (D.O.D) americano, aunque no ha definido ninguna exigencia con relación a la estación espacial, podrá utilizarla dentro de los términos del tratado sobre el espacio extraatmosférico.

El proyecto de estación espacial se caracteriza a la vez por su espíritu de cooperación para la concepción y la realización, así como por su dimensión de competencia amigable que servirá de catalizador para su utilización, suscitando nuevos descubrimientos e innovaciones. Esta estación aportará resultados científicos y tecnológicos importantes y específicos. Es una iniciativa de investigación y de desarrollo

muy importante, que contribuirá a preservar y a sostener la economía de los países participantes.

La estación espacial ha arrancado: el programa se beneficia del soporte del cuerpo legislativo así como del ejecutivo del gobierno de Estados Unidos; las actividades de estudio y desarrollo progresan; la tecnología se prepara; las necesidades de los usuarios se definen y benefician de los estudios de concepción; las negociaciones internacionales avanzan; la organización interna y las instancias dirigentes maduran y toman adecuadamente el control; los principales aprovisionamientos están en curso de realización, conforme al calendario establecido; finalmente, el equipo de enlace N.A.S.A.-industria trabaja a pleno rendimiento. La estación espacial es una realidad y lo será por largo tiempo.

El programa de la estación espacial fue lanzado en 1984 durante el discurso anual sobre «el estado de la



Unión» del presidente Ronald Reagan. Esta alocución definió claramente las prioridades y constituye un empeño público de primera magnitud en la vida política americana, aunque sufre lógicamente los mismos avatares que ésta y depende de los presupuestos públicos.

Programa y Coste.

La configuración de base de la estación espacial prevé actualmente un uso para múltiples fines. Servirá de laboratorio en el espacio, de observatorio permanente, de instalación de montaje, de laboratorio de fabricación, de unidad de almacén y de estación de servicio, de nudo de transporte y de base relé. Abrirá nuevas posibilidades para las empresas comerciales en el espacio y para los productos fabricados en un ambiente de microgravedad para ser posteriormente utilizados en la Tierra. Se tratará de una estructura evolutiva capaz de desarrollarse y modificarse en función de las necesidades de sus usuarios. Se apoyará en sistemas automáticos o no, así como en nuevas técnicas de automatización y de robótica. La característica más importante será su permanencia, lo que permitirá a los investigadores aprovecharse continuamente de un entorno espacial.

Después de la pérdida del transbordador Challenger, el programa de la estación ha sido revisado en varias

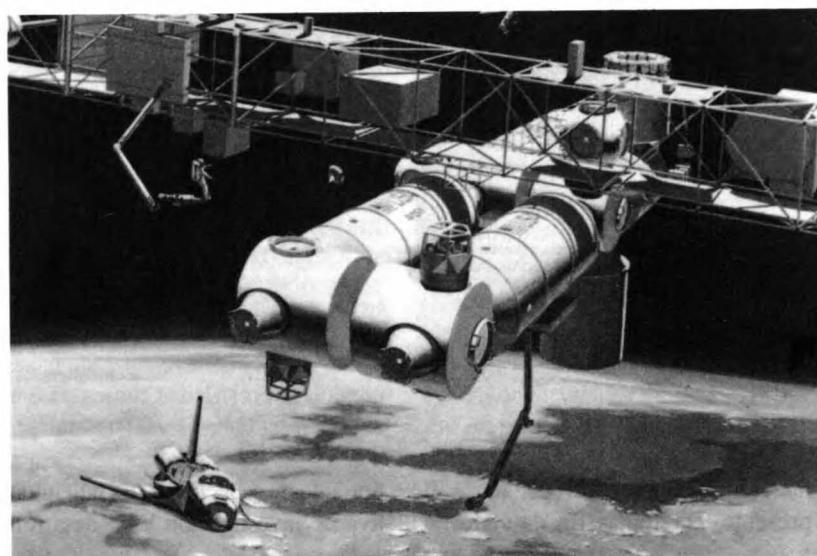
ocasiones, a causa de críticas que vienen de diversos organismos y comisiones. De ello se deriva un beneficio neto. El programa gana en confianza sobre los puntos que son aprobados y además se aseguran las modificaciones indispensables. Estos exámenes críticos, algunos de los cuales están aún en curso, se refieren a la configuración básica, los costes, la gestión interna, la organización y la utilización.

La configuración básica y las secuencias de montaje han sido reevaluadas en detalle y declaradas conforme y con una buena relación coste/eficacia: son estimaciones financieras de las cuales la N.A.S.A. puede fiarse con toda seguridad. Un grupo de trabajo estudia los aspectos

operacionales de la estación realizada para durar muchos años. El comité encargado de los usos científicos, presidido por Peter Banks, propone métodos para asegurar un empleo óptimo de la estación por la comunidad internacional de investigadores e ingenieros.

Desde el nacimiento de esta fase de concepción preliminar de veintiún meses, los subcontratistas de la N.A.S.A. han pasado a la fase de concepción detallada y de desarrollo del programa: se han lanzado las peticiones de oferta después de un estudio hecho por el Congreso. Este último acordó en el curso del año fiscal 1986-1987 la suma de 355 millones de dólares para la estación espacial. El presupuesto de la N.A.S.A. para 1987 reflejaba el paso del estado de definición al de desarrollo, con un presupuesto de 420 millones de dólares. La petición de la Administración para el año fiscal 1988 fue de 767 millones de dólares y el programa recibió otra aportación de 2000 millones de dólares en 1991.

La configuración básica de la estación espacial ha tenido en cuenta diversas consideraciones. La primera prioridad se ha acordado que sea la seguridad de la tripulación. Así se ha mantenido una configuración de tolerancia de fallos para los sistemas y las funciones vitales; una posibilidad de mantenimiento y de reparación com-





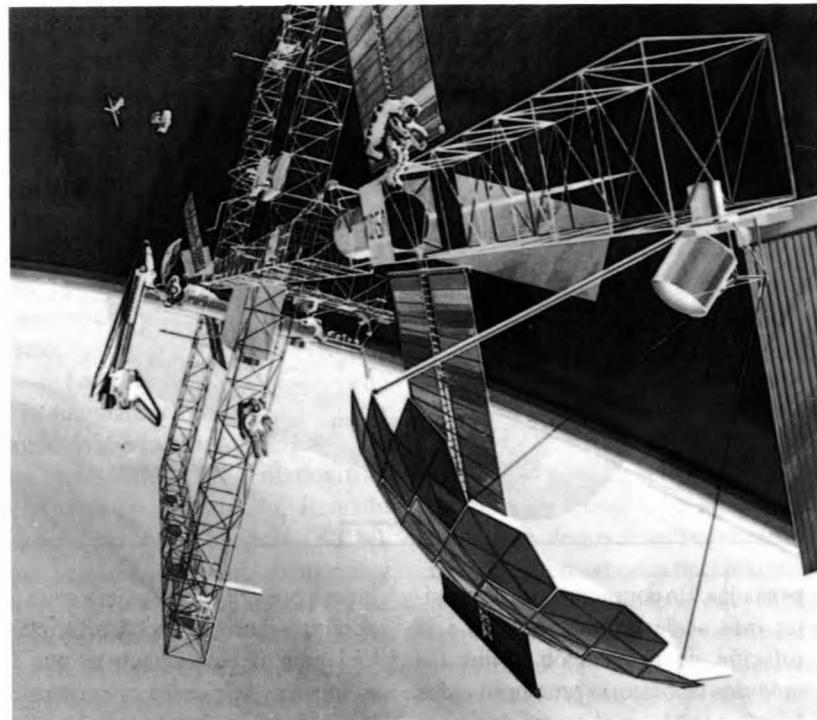
pleta en órbita de los materiales que hayan fallado; la presencia, en caso de peligro imprevisible, de un compartimento de supervivencia para la tripulación; y finalmente, la posibilidad de integrar a la estación un vehículo de retorno para el personal, denominado el C.E.R.V. (Crew Emergency Return Vehicle), que actualmente está en estudio en la N.A.S.A.

Las otras prioridades están ligadas a la utilización y a la posible evolución de la estación, entendiéndose que se favorece una utilización máxima de la primera fase del programa, conservando siempre un potencial de crecimiento. Por ello, el calendario previsto tiene en cuenta la posibilidad de que sea preliminarmente habitable un año después del primer vuelo de ensamblaje, con 37.5 kW de potencia disponible para los usuarios. Dos años después deberá ser permanentemente habitable y suministrar 75 kW de potencia con los paneles solares. También está en estudio el uso de un lanzador pesado E.L.V. (Expendable Launch Vehicle) dentro de la construcción de la estación espacial, como posible medio de acelerar la fase de ensamblaje y, eventualmente, para reducir los costes.

Concepción de la estación.

La primera fase de la estación prevé para mediados de la década de los 90 una sola viga, que llevaría en su centro un módulo tripulado ocupado permanentemente, tres módulos laboratorio (el americano, el Columbus y el J.E.M proporcionados por otros países), el módulo logístico y dos plataformas polares asociadas a la estación. La configuración dual keel con las plataformas coorbitales, el taller de mantenimiento y reparación de la estación y el complemento de potencia solar de 50 kW están previstos para el año 2000.

La estructura básica ofrecerá a los eventuales usuarios los medios de evitar las limitaciones orbitales y de microgravedad de la estación misma,

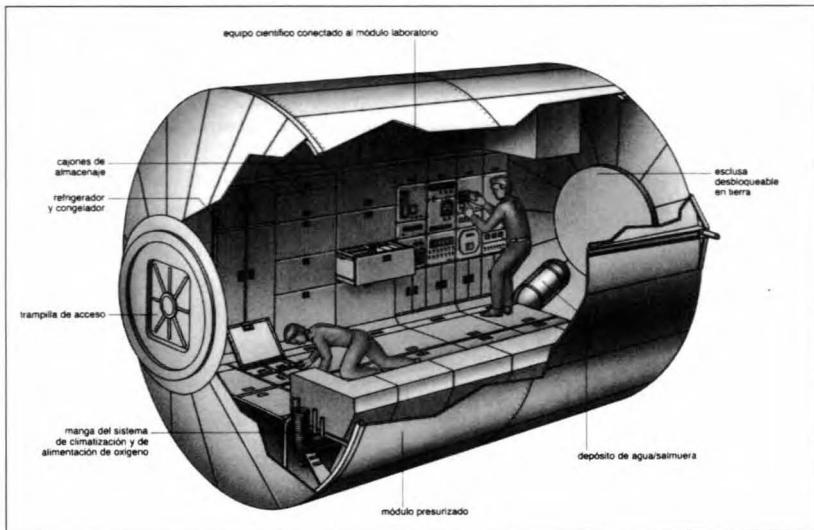


incorporando al proyecto un sistema paralelo de plataformas no tripuladas, coorbitales (que ocupan el mismo plano orbital aunque no necesariamente en las proximidades de la estación) o situadas en órbitas polares. Estas plataformas tendrán una vocación científica, y estarán controladas desde la estación para las plataformas coorbitales, y visitadas por medio de un vehículo especial, el Orbital Maneuvering Vehicle (O.M.V.), que será lanzado por el transbordador para las plataformas polares, o desde la misma estación para las plataformas coorbitales. Las misiones de las plataformas polares estarán dedicadas a las observaciones de la tierra, mientras que sobre la primera plataforma coorbital se instalará un observatorio astrofísico en el campo de los rayos-X (X-Rays Astrophysics Observatory). Una segunda plataforma coorbital llevará el telescopio de infrarrojos.

Estos dos sistemas no necesitarán una presencia humana continua, que correría el riesgo de ser perjudicial creando pequeños movimientos de reacción en la plataforma. Si se tiene en cuenta la orientación del programa

actual, que es civil y principalmente de vocación científica, la estación deberá acoger una tripulación máxima de ocho miembros, que vivirán y trabajarán en cuatro módulos, los equipos de los laboratorios ocuparán 270 m³ asociados a varias cargas útiles exteriores fijadas sobre la estructura. Según la concepción actual, la estación tripulada lleva varios módulos todos ellos ligados entre sí por una red de galerías con sus exclusas para los acoplamientos y salidas al espacio. Estos módulos están dispuestos por pares, uno frente a otro. En su configuración final, el conjunto podrá llevar hasta ocho módulos de esta clase. El objetivo es establecer una aceleración media de menos de una

millonésima de la gravedad terrestre (es lo que se entiende por microgravedad). Sin embargo, a la altitud orbital de la estación, la diferencia en la atracción terrestre (o «gradiente de gravedad») sobre una distancia vertical de solamente 2.5 m ya sobrepasa este valor. Por añadidura, los movimientos de los astronautas imprimirán a la estación aceleraciones aleatorias que deberán ser com-



pensadas. En consecuencia, para evitar más aceleraciones debidas a la rotación de la estación, todos los módulos laboratorio estarán situados lo más posible en el centro de gravedad de la estación.

El módulo dedicado a vivienda llevará instaladas las literas, la cocina, la antecocina, la cámara y otras instalaciones destinadas al ocio o a la protección de la vida.

Los tres módulos laboratorio son de concepción similar, derivados del laboratorio Spacelab: éstos serán de forma cilíndrica con un corredor interior longitudinal y, a cada lado, paneles laterales equipados con diversos sistemas, un techo y un suelo. El techo y el suelo encerrarán y protegerán los subsistemas de servicio, tanto los de energía, como los de mantenimiento, climatización y almacenaje. Los instrumentos, los controles y los materiales de los experimentos (o todo equipo que deba ser corrientemente accesible a los astronautas para el trabajo científico) estarán instalados en los bastidores normalizados que cubrirán los muros laterales. Todo lo que se encuentre en estos bastidores o cajas (sistemas electrónicos, por ejemplo), o detrás del techo o del suelo, estará inmediatamente disponible y desmontable, sea para el mantenimiento o reemplazo, o sea para acceder al casco

grueso posterior. Esta arquitectura general con muros, techo y suelo reviste una gran importancia para que los astronautas se puedan orientar psicológicamente, evitando así el mal del espacio, y puedan organizar de un modo más conveniente su trabajo.

Los cuatro módulos tripulados estarán ligados entre sí por nodos de enlace constituidos por módulos de recursos cilíndricos que encerrarán los instrumentos y los controles que no se refieran a los experimentos científicos, pero sí a los sistemas de gestión de los datos, a las comunicaciones (T.D.R.S.S., Tracking and Data Relay Satellite System), a la energía eléctrica y a la navegación (G.N. & C., Guidance Navigation and Control).

Los diversos sistemas permanentes de generación de energía eléctrica, de comunicaciones y de climatización y de control del ambiente es el de reconstruir las condiciones normales para la vida humana, por lo que se refiere a la temperatura, la presión y la composición de la atmósfera en el interior de los módulos, proporcionar el agua potable y retirar las aguas usadas. La atmósfera estará constituida por oxígeno y nitrógeno, como en la Tierra. El reaprovisionamiento de nitrógeno deberá efectuarse periódicamente desde la Tierra; el aire de los módulos será regenerado, suprimiendo el

óxido de carbono y reponiendo toda pérdida de oxígeno por electrólisis de las aguas usadas. La pérdida de agua que resultará de esta operación será compensada por el agua contenida en los alimentos no deshidratados. Toda el agua, con la excepción de las aguas fecales, será recuperada para evitar una pérdida logística excesiva.

Otros sistemas de sostén y de protección de la vida humana comprenden la gestión de la cadena alimentaria, el amueblamiento, los medios para el ocio, la higiene personal y para la salud, los dispositivos que permitan la movilidad y el frenado de los movimientos, el menaje, la luz y el almacenaje. Está previsto un congelador para ofrecer un menú tan apetitoso como sea posible. Una o probablemente dos literas estarán instaladas en los módulos, esenciales en razón de la duración media de las permanencias individuales (3 meses o más). También se instalarán medios de lavado y secado de las prendas de vestir, para aliviar los impedimentos logísticos globales y para reducir el volumen dedicado al almacén. Con esta misma perspectiva, se equipará el módulo vivienda con un lavavajillas y un compresor de desperdicios. Un vehículo para las actividades extravehiculares (E.V.A.) permitirá a la tripulación trabajar en el exterior del módulo presurizado.

Misiones.

Debido a la débil gravedad, la utilización de los módulos presurizados es importante para llevar adelante las investigaciones sobre las ciencias de la vida. La presencia humana continua y de larga duración en el espacio permitirá hacer investigaciones en biología celular, y contribuirá también al tratamiento y prevención de los desórdenes celulares en el hombre. Los estudios llevados a cabo sobre las consecuencias de una permanencia de larga duración en microgravedad en la estación aportarán una mejor comprensión de los efectos de tales permanencias sobre

la psicología humana, permitiendo encontrar soluciones a la pérdida de calcio u osteoporosis. La resolución de los problemas psicológicos presentados por la permanencia prolongada de seres humanos en microgravedad constituye una etapa esencial hacia una misión tripulada de larga duración con destino a Marte.

Según la opinión de los investigadores y de los expertos, la elaboración de materiales en el espacio está llena de promesas. Será posible fabricar nuevos productos farmacéuticos puros, aleaciones superconductoras y cristales sin defectos. Los investigadores han puesto en evidencia dos hechos esenciales en cuanto al tratamiento de los materiales en el espacio. Primera mente, aún quedan muchas investigaciones por hacer sobre el mecanismo de tratamiento de los materiales en el espacio antes de que los experimentos se puedan automatizar. La segunda evidencia es que existe actualmente una correlación directa entre la calidad de los resultados obtenidos durante el tratamiento de los materiales en el espacio y la presencia humana durante la puesta en marcha de estos experimentos. La estación espacial responde perfectamente del hombre en el espacio extraatmosférico.

La estación espacial dará otras posibilidades que las que puedan dar los simples laboratorios presurizados par las actividades ligadas a las ciencias de la vida y a la producción de materiales. Sus plataformas autónomas mejorarán nuestros conocimientos sobre astronomía y permitirán un estudio realmente completo de la atmósfera terrestre, de los continentes y de los océanos. Finalmente, las quillas superior e inferior del marco de la configuración dual keel, montadas en la segunda fase del programa, ofrecerán puntos de observación preciosos para numerosos telescopios y otros instrumentos que serán expuestos al ambiente espacial.

Los instrumentos científicos, estén instalados en un laboratorio o

sobre una de las quillas de la estación o incluso en el interior de una nave espacial, tienen necesidad de ser mantenidos, reparados, ampliados y reemplazados. La estación espacial llenará todas estas funciones; por ejemplo, ella constituirá una estación relé para futuros instrumentos astronómicos orbitales que permitirán aumentar y renovar nuestros conocimientos sobre el Universo.

La N.A.S.A. fomenta el recurso a la automatización y a la robótica a bordo de la estación. Actualmente está desarrollando un dispositivo telerobótico embarcado, llamado Flight Telerobotic Servicer (F.T.S.), que ayudará a montar, mantener y reparar la estación, reduciendo así las necesidades de actividades extravehiculares difíciles. La puesta en marcha de estas técnicas debería hacer progresar el desarrollo de sistemas robóticos análogos sobre la Tierra y los procesos de automatización.

Una de las misiones de la estación será también la reparación y el mantenimiento de satélites: desde la estación será posible visitar y recoger satélites a bordo por medio de vehículos de maniobra orbital O.M.V. (Orbital Maneuvering Vehicle). Este vehículo permite considerar el mantenimiento, el aprovisionamiento, la reparación, así como la evolución y la puesta al día del parque de satélites existentes, y esto durante muchos años en el futuro. Con relación al transbordador, el O.M.V. ofrece retrasos de intervención mucho menores, ya que, al poder traer el satélite a la misma estación, la intervención puede hacerse en condiciones controladas, en un taller donde los técnicos tendrán el tiempo y las herramientas necesarios par un trabajo preciso. Además del S.M.M. (Solar Maximum Mission), actualmente está previsto intervenir:

-en el telescopio espacial Hubble, por otra parte concebido para el mantenimiento y modificación en órbita durante dos décadas futuras

-en el observatorio de rayos G.R.O. (Gamma Ray Observatory), para su aprovisionamiento de combustible y el reemplazo de su módulo de energía eléctrica y de gestión de datos

-en el Spartan, para el suministro de propergoles y el reemplazo de sus instrumentos científicos

-finalmente, en el telescopio de rayos infrarrojos S.I.R.T.F. (Space InfraRed Telescope Facility) y el sistema de estudios de astrofísica por medio de rayos X, para el aprovisionamiento de sus sistemas criogénicos, la carga de baterías, y el cambio o la eventual reparación de los sistemas electrónicos. Para efectuar estas operaciones y reparaciones a bordo de la estación, el conjunto del material disponible estará constituido por una nave-taller, un «banco» de control en uno de los módulos presurizados, un sistema de manipulación y de transporte M.S.C. (Mobile Servicing Centre), el O.M.V., herramientas standard, equipos de soporte E.V.A., y un sistema telerobótico multibrazo. La nave estará instalada en el interior de la estructura rectangular principal, por encima de los módulos tripulados. Ésta constituirá un recinto no presurizado que podrá abrirse al espacio por medio de muros tipo cortina, y que medirá 27.3 m de largo por 10.6 m de ancho.

La cooperación internacional.

Cuando el presidente Reagan anunció la intención de Estados Unidos de llevar adelante la construcción de una estación espacial, reconoció que debería ser una empresa internacional, pero que la ausencia de esta participación internacional no impediría que Estados Unidos mantuviera su intención de proseguir el desarrollo de esta estación. Ésta debería constituir un ejemplo de lo que pueden realizar los pueblos libres y los gobiernos democráticos en colaboración. La cooperación internacional, por otra parte, fue el



signo distintivo de numerosos programas de la N.A.S.A.

Estados Unidos busca, para la construcción de la estación orbital internacional, socios que acepten a la vez hacer inversiones importantes en el programa y se comprometan a largo plazo a usar las instalaciones de la estación y a asegurar su sostén. Las negociaciones se llevan a cabo con Canadá, la Agencia Espacial Europea (E.S.A.) y Japón (N.A.D.S.A.), para llegar a acuerdos entre agencias que se refieren a la concepción en detalle, al desarrollo y a las fases operacionales. La N.A.S.A. dirige, en nombre de Estados Unidos, la negociación de estos acuerdos. Simultáneamente, Estados Unidos, bajo el impulso del Departamento de Estado, lleva las negociaciones a nivel gubernamental con los gobiernos de Canadá, de Japón y de Estados miembros de la E.S.A. que participan en el programa Columbus, referentes a las fases operacionales.

Se espera que los acuerdos entre agencias se refieran principalmente a los mecanismos de planificación y de gestión para la puesta en marcha del programa y que los acuerdos entre gobiernos se centren sobre las responsabilidades políticas y desarrollos el marco legal según el cual se llevará adelante el programa.

El objetivo es disponer de un período suficiente para la aprobación de las diversas disposiciones en el interior de cada país y de la firma oficial de los acuerdos, antes del lanzamiento de los contratos de desarrollo del material. La N.A.S.A. ha incluido los materiales proporcionados por cada país en la configuración básica, es decir: un módulo laboratorio Columbus y una plataforma polar par la Agencia Europea del Espacio, un módulo laboratorio, el J.E.M. (Japanese Experiment Module) para Japón, un módulo observatorio expuesto al espacio, el E.F. (Exposed Facility), dotado de un brazo manipulador, y un móvil de servicio, el

M.S.C. (Mobile Servicing Centre), para Canadá.

La estación espacial es una empresa común donde los investigadores del mundo entero utilizarán los recursos de la estación para hacer nuevos descubrimientos en innumerables disciplinas.

Se han aportado varias modificaciones a la gestión del programa de la estación espacial. La nueva organización se desvía de las de los programas históricos de la N.A.S.A. El cambio más importante es el reforzamiento de la autoridad de la Office of Space Station (Level I), en el cuartel general de la N.A.S.A., para definir y permitir el respeto de los puntos claves y los controles de gestión, a lo largo de la planificación y ejecución de las diferentes fases de la elaboración de la estación.

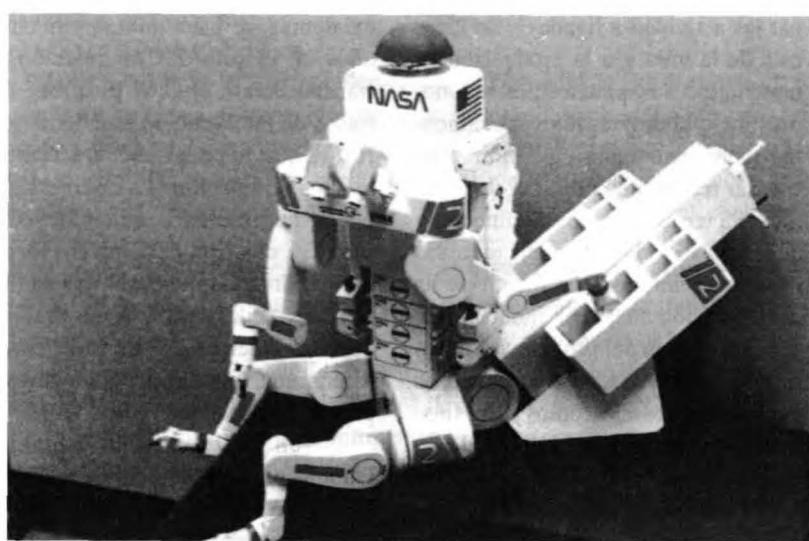
Así, la Office of Space Station (Level I) es responsable ante el cuartel general de la N.A.S.A., en Washington, así como ante los otros socios, de toda la puesta en marcha del programa, desde el estado de concepción al de la realización. Con el fin de institucionalizar el nuevo papel del Level I y su extensión al programa de la estación espacial, se ha creado un nuevo organismo, el Space Station Programme Office (Level II). A esta

nueva instancia se le ha encargado la dirección del programa. El director del Level II es también administrador asociado adjunto para el desarrollo en el seno del Level I. Esta nueva asociación refuerza las ligaduras y la autoridad jerárquica en todos los escalones del programa.

Las actividades del Level II engloban la gestión y el desarrollo del programa, la ingeniería, el análisis y la integración de los sistemas, las capacidades de producción, la evaluación de los elementos del programa, sus necesidades en aprovisionamientos y, finalmente, la ejecución y el control del presupuesto. Uno de los papeles claves del Level II consistirá en descubrir las debilidades del programa antes de que éstas se transformen en críticas.

La estación espacial constituye un elemento decisivo para conservar el liderazgo en la exploración y la utilización del espacio durante el siglo XXI y más allá. Así como la electricidad ha superado la barrera y el temor a la oscuridad, la estación espacial será un faro para los conocimientos y los descubrimientos, favoreciendo los progresos científicos y tecnológicos del mañana.

Basado en un artículo de Terence T. FINN y Noah RIFKIN.



CONCURS DE ROBOTS : ROBOTS DE CONCURS

Fa només 24 hores de la cloenda del 1er Concurs de Robots Lluitadors de Sumo, i potser és una mica aviat per fer balanç, però ja podem afirmar que la resposta del públic ha estat impressionant. Jo, que vaig estar tot el dia patint per si l'espectacle sobre la tarima no responia a les expectatives creades, em tranquilitzava veure l'Aula Màster plena a vessar de gent passant-s'ho molt bé, amb un ambient increíble seguint les evolucions dels combats a través d'un circuit tancat de televisió. Això il·lustra que el concurs va despertar en diversos mitjans de comunicació, tant de premsa com de televisió, ens encoratja a pensar en una propera edició molt més potent i sense algunes deficiències que segur que hem comès en aquesta primera edició.

La veritat és que quan l'Oriol De Los Santos va sugerir la idea d'organitzar el concurs en una de les primeres reunions de la llavors recent fundada associació AESS'estudiants, mai varem sospitar que la resposta de concursants, públic i mitjans de comunicació pogués ser tant espectacular. La filosofia inicial era tenir una bona excusa per a que els que estavem en aquella reunió i erem aficionats a la robòtica, el mateix Oriol, en Ramon Encinas, en Josep Maria Mirats i jo mateix poguéssim aprendre i divertir-nos mentre dissenyavem una estratègia infalible i construïem un robot que inevitablement expulsés del terreny de joc el robot oponent. Aviat en Manel Miras i més tard l'Albert Bifet es van entusiasmar amb la idea i van col.laborar decisivament a tirar-ho tot plegat endavant.

Varem començar el període d'inscripció a un any vista del Concurs, i el primer inscrit es va fer esperar una mica, però va ser tal l'alegria que va ser com tenir el primer fill. I després va venir un altre, i un altre, i un altre... fins a 17

valents que acceptaven el repte. El més gran reconeixement és per ells, perquè inclús els que a última hora no van poder superar els problemes tècnics, em consta que van dipositar-hi ganes, il·lusió i sobretot moltes hores. Són molts els que després de mesos de treball no van dormir la nit abans del concurs, solucionant problemes tècnics, i per alguns d'ells, malauradament, l'esforç va ser inútil. A tots ell, a pesar de tot, moltes gràcies per haver-ho intentat i segur que en la propera edició tindreu més sort. Només vull dir-vos que entre els robots que finalment no van anar a concurs hi havia autèntiques meravelles com un posicionador del robot adversari basat en emissors-receptors d'ultrasons mòvils, i funcionava! Illastri-ma que la resta del robot no tant. També vull destacar un altre robot que no va tenir la sort que es mereixia: és el que tothom va identificar rapidament com el robot-carret de compra, que desplegava espectacularment una trampa per atrapar el robot adversari.

El robot guanyador en la categoria dels controlats per ordinador ha estat l'ETSEIT, que era un robot amb blindatges en forma piramidal. A mi particularment va ser el que em va enamorar més, tant per la seva estratègia ofensiva com per la seva intel·ligència: Tenia sensors de contacte distribuïts per tota l'estructura, i depenent del contacte que s'activava s'encarava al robot oponent per finalment donar una esbronzida mortal de necessitat. Tot això amb un robot de Lego i motors d'Escalètric!. Els pares d'aquesta criatura guanyadora són: Artur Garcia, Pere Nadal, Jordi Abad i Miquel Angel Gonzalez, tots ells estudiants d'Industrials a Terrassa. En segona posició va quedar el robot P-NOS.

El guanyador en la categoria de robots autònoms va ser Cybernetic Developments, que tenia un sofisticat sistema de blindatge en forma de caixa transpa-

rent i amb una corda destroyer per desfer els empats fent volcar el cilindre desempatador. Tenia una tira d'engranatges molt vistosos per reforçar la transmissió, també feta a base de Lego. Els seus creadors són: Pau Soler, Josep Manel Salom, Francesc Sabaté i Enric Majó, els dos primers de Telecos i els dos segons d'Industrials de Barcelona. El segon classificat va ser la popular PAQUI (Prototipus Autònom Quasi Intel.ligent).

Volem agrair a l'Escola de Telecomunicacions, i en particular al seu director, Antoni Elias, i a Jordi Romeu i Àngel Cardama, pel recolzament que sempre hem tingut d'ells en totes les activitats organitzades per AESS i en concret per l'interès que sempre han mostrat per a que el Concurs fos un èxit.

Igualment volem agrair a tota l'organització del Fòrum de Telecomunicacions de l'octubre del 94 per donar-nos la possibilitat de fer la presentació del Concurs a la Sala d'Exposicions, així com a BJT sobretot quan AESS encara no disposava de despatx ni material propi, i a PDR i Francesc Sabaté per la col.laboració en l'organització i a la promoció del concurs a l'Escola d'Enginyers Industrials.

També volem fer un reconeixement per Sagitrón perquè va confiar en nosaltres i ens va cedir dos kits de programació de microcontroladors, molt útils per fer robots autònoms, com a premis pels dos guanyadors.

Finalment agrair a totes les persones que han col.laborat desinteressadament el dia del concurs en que la gent s'ho passés bé: Daniel Gonzalez, Xavi Lago, Sílvia Blanco, Xavi Amador i Pau Fernández i segur que hi ha algú més que oblidó.

Roboteros de dins i fora del Càmpus: us esperem a la 2a edició del Concurs de Robots Lluitadors de Sumo **ROBOT-96!**

ANTONI FERRATÉ CASAS és membre d'AESS.





QÜESTIONS ÈTIQUES ENTORN DE LA CIÈNCIA I LA TECNOLOGIA

Climent Nadeu

No fa gaire temps, en aquest mateix segle, semblava que el progrés científico-tecnològic havia de salvar la humanitat. Guariria les malalties, erradicaria la pobresa, proporcionaria energia il·limitada,... Per als positivistes lògics, la ciència moderna era el model de racionalitat pura, rigorosa i imparcial a imitar en les altres esferes del pensament.

Al llarg del segle XX, i sobretot des de la Segona Guerra Mundial, la concepció de la ciència i la tecnologia ha sofert grans canvis. Entremig han passat moltes coses de diferent signe: antibòtics, Hiroshima i Txernòbil, arribada a la lluna, cursa d'armaments, manipulacions genètiques, forats en la capa d'ozó, accentuació del desequilibri nord-sud, ús generalitzat del telèfon, el televisor i aviat els ordinadors personals, etc. Esdeveniments que ens han fet veure les potencialitats de la ciència i la tecnologia, però també la problemàtica que generen.

Correspondentment, la concepció filosòfica de la ciència i la tecnologia també ha anat evolucionant. Tot i que a molts àmbits es manté encara la ingènua imatge convencional de la ciència moderna i es contemplen les tecnologies com a aplicació de la ciència, lentament es va obrint pas una visió més complexa i realista: la

ciència no és recerca pura de la veritat, sinó que ciència i tecnologia formen un complex entrellat, l'anomenada tecnociència; la qual no és un instrument neutre en mans de la societat, sinó que reflecteix els valors dels grups socials rellevants. Com a conseqüència d'això, les consideracions ètiques han anat adquirint progressivament més rellevància en el món de la ciència i la tecnologia.

LA CIÈNCIA MODERNA

La imatge convencional de la ciència moderna pura ens la presenta com a recerca racional de les lleis que regeixen els fenòmens naturals. Els enunciats de les teories científiques, expressats amb llenguatges rigorosos i matemàtics, són confirmats per l'experimentació, amb la resposta que la natura dóna a les preguntes implícites que plantegen els experiments. Aquesta és la imatge potenciada pels positivistes lògics a principis del nostre segle. Més endavant, Popper li donava un gir afirmant que el més característic de la ciència és el seu caràcter hipotètic i d'obertura a tot intent possible de falsació. Els enunciats científics són provisionals, vàlids mentre no es pugui demostrar la seva falsedad, no existint, per tant, el saber absolutament segur.

*La ciència moderna,
basada en el procediment
experimental, presentava
ja des de l'inici la
potencialitat d'esdevenir
operativa*

Aquesta imatge -ben corrent encara- de la ciència com a des-cobriment (si més no provisional) del que és la realitat natural a través d'un procés objectiu i unívoc, és fortament contestada avui dia per cert sectors filosòfics. L'any 1962, amb la seva famosa obra «L'estrucció de les revolucions científiques», Kuhn mostrava com el coneixement no avança de forma lineal i progressiva sinó a través de crisis o revolucions científiques en les que es posen en qüestió els paradigmes (és a dir, els mòns conceptuais i instrumentals de la col·lectivitat científica d'una disciplina particular). Aquesta posició relativista respecte del coneixement científic és encara més accentuada en el recent constructivisme, visió pragmatista segons la qual els enunciats científics no són veritables o falsos sinó més o menys útils o apropiats a un context social.

RELACIÓ ENTRE CIÈNCIA I TECNOLOGIA. LA TECNOCIÈNCIA.

La tècnica comprèn la diversitat de capacitats i coneixements operatius que posseeix la societat i, a diferència de la ciència, no cerca la fonamentació racional dels fenòmens, sinó el coneixement instrumental que permet produir resultats útils. La tecnologia, entesa com a fabricació i ús d'artefactes, resulta del trobament de la tècnica amb la ciència.

CLIMENT NADEU és professor del departament de Teoria del Senyal i Comunicacions. Imparteix docència a les assignatures Xarxes i Processament del Senyal a l'ESTSEB, i fa recerca en el Tractament de la Parla.

La ciència moderna, basada en el procediment experimental, presentava ja des de l'inici la potencialitat d'esdevenir operativa. El mateix Galileu, per exemple, posseia amplis coneixements i interessos tècnics, i es va ocupar de la caiguda dels cossos mogut pels problemes de la balística. A més a més, la ciència, que buscava la comprensió de la natura, va anar assumint també com a objectiu el seu domini; la filosofia de Bacon n'és un bon exponent. Tot plegat va fer que ciència i tècnica anessin interaccions cada vegada més, sobretot a partir de la Revolució Industrial. La ciència desenvolupà en els laboratoris les seves pròpies construccions tècniques (tecnològiques) que li permetien produir els experiments, les quals, per altra banda, eren aplicables a la indústria, com -per exemple- en el cas de l'electricitat i el magnetisme.

Actualment, el resultat d'aquesta evolució és un complex entrelat on ciència i tecnologia són difícilment distingibles. Un exemple: l'anomenada ciència dels ordinadors o la teoria de la informació, són ciència o són tecnologia? Per això es parla de tecnociència per a referir-se a aquesta realitat tot remarcant el caràcter tecnològic de la ciència actual. No es pot ja afirmar, doncs, que la tecnologia és el resultat de l'aplicació de la ciència; o bé que la ciència cerca tan sols el coneixement i, en canvi, la tecnologia, igual com la tècnica, la utilitat i l'eficàcia.

Potser fins a la Segona Guerra Mundial es podia separar una ciència aplicada, que es feia als laboratoris industrials, d'una ciència pura, menys tecnològica, que es feia principalment a les universitats. Avui es parla significativament de programes de R+D, recerca i desenvolupament, tant per a les institucions acadèmiques com per a les industrials. Per altra banda, com que només governs i multinacionals poden aportar els grans mitjans que la tecnociència requereix per a desenvolupar-se, la recerca és orientada i controlada per les institucions. D'aquesta manera, la llibertat de recerca, característica de les universitats d'abans, ha quedat molt disminuïda.

En resum, tradicionalment ha predominat la visió que considera la tecnologia com a aplicació o producte de la ciència, però actualment hem de

parlar d'una mútua imbricació d'ambdues. Fins i tot hi ha filòsofs que van més enllà i contemplen la ciència com a activitat essencialment tecnològica.

LA TECNOCIÈNCIA NO ÉS NEUTRA

La capacitat de la tècnica per produir béns i millorar les condicions de l'home sobre la terra s'ha fet palesa des que l'home existeix, però mai no havia estat constatada tan clarament com en la història recent, des de l'aparició de la tecnologia lligada al desenvolupament científic. Això ha desvetllat una fe generalitzada en la bondat i la utilitat del progrés tecnològic, de

manera que sempre és ben rebuda la introducció en el mercat d'un producte que incorpori alguna innovació tècnica (una forma molt estesa de fer propaganda d'un producte consisteix a afirmar que és «nou» i indicar-ho amb lletres ben visibles). És l'anomenat imperatiu tecnològic.

Certament, es reconeix que l'impacte d'alguns desenvolupaments de la tecnociència ha tingut i té aspectes clarament negatius, com el de la degradació medioambiental. Però es creu que és únicament un problema de bona o mala utilització per part de la societat d'uns avenços que són positius per naturalesa. Els mateixos que treballen en el desenvolupament de la tecnociència participen d'aquesta fe generalitzada i creuen -naturalment- en la capacitat de la societat i les seves institucions per decantar en sentit positiu el balanç dels impactes de les seves innovacions tecnocientífiques. És una visió ingènua de la realitat tecnocientífica que no troba cap inconvenient en l'avenç cap a una tecnificació cada cop més estesa guiada per l'imperatiu tecnològic.

Aquesta visió generalitzada es basa en una imatge de la ciència i la tecnologia que considera la ciència

com a recerca de les lleis veritables de la natura i la tecnologia com a aplicació de la ciència. Per consegüent, no es qüestiona la bondat intrínseca de la ciència, ja que les seves aplicacions es veuen com a quelcom extern a ella. I la tecnologia apareix com a instrument, essent, per tant, ideològicament neutral, és a dir, compatible amb qualsevol model social. D'aquesta imatge se'n desprèn, doncs, que no és la tecnologia (i menys encara la ciència) la que

genera qüestions ètiques, sinó la seva utilització pel poder polític i econòmic.

Obviament, aquesta forma d'entendre-ho no és compatible amb la concepció de la ciència i la tecnologia que s'ha descrigit abans sota el nom de tecnociència. L'activitat

científico-tecnològica s'ha de veure com un tot i el seu objectiu és, bàsicament, la dominació de la natura i la transformació del món (sense negar, però, que la recerca del coneixement per si mateix pugui ser un objectiu important per a la persona del científic o tècnic). Aquest mateix objectiu de caire utilitari fa que la tecnociència estigui estretament vinculada al sistema econòmico-industrial actual.

La forta influència de la societat, o millor dit, dels grups socials rellevants sobre la tecnociència es fa evident quan s'estudia de prop la consecució d'un avenç tecnològic. La tecnociència ve condicionada pels valors i els models socials d'aquests grups. I, en sentit contrari, les tecnologies influeixen sobre la societat modificant les formes de viure, fins i tot de manera no prevista pels partidaris de la seva implantació. Winner diu que algunes tecnologies són adaptables a diferents contextos socials i, per tant, són ambivalentes, però hi ha tecnologies que no són flexibles, sinó que tenen la capacitat d'imposar certs trets a la societat on s'implanten. Un exemple: el ferrocarril va accelerar i ampliar l'escala del moviment i el transport, originant nous tipus



de ciutats, independentment de la càrrega que transportés o del país on funcionés. Per això alguns filòsos han parlat de l'autonomia de la tecnologia.

La conseqüència de tot plegat és que no hi ha neutralitat possible per a l'activitat tecnocientífica i, per tant, ni per a la tecnologia ni per a la ciència. La tecnociència pot estar al servei de la humanitat o, al contrari, pot imposar-li el seu poder tot servint els interessos d'uns privilegiats del

moment actual. Es fa necessària, per tant, la reflexió sobre les finalitats que s'han de perseguir amb el desenvolupament tecnocientífic. Hem de generar la capacitat de triar quin tipus de tecnociència volem i per a què la volem. I això vol dir estar disposats a renunciar, a posar límits.

Abans, però, de continuar amb aquest tema del control de l'activitat tecnocientífica, ens fixarem en algunes qüestions ètiques concretes que planteja la tecnociència.

Alguns aspectes de la problemàtica ètica de la tecnociència

- Ens fixarem en quatre aspectes:
 - 1) riscs o perills,
 - 2) canvis de formes de vida que poden atentar contra certs valors,
 - 3) foment dels desequilibris entre persones, classes socials i països,
 - 4) producció d'armament.

Anem a repassar-los un a un, relacionant-los principalment amb les tecnologies de la informació i les comunicacions (TIC).

1. Els riscs més evidents que comporten les aplicacions tecnocientífiques (no militars) es troben en l'àmbit medioambiental. Tothom reconeix amb més o menys grau el risc, o potser caldria dir el perill, que comporten l'explotació de l'energia nuclear, l'escalfament de la terra, l'acumulació de residus, etc. Que els països rics estem consumint ràpidament els recursos de la terra i que, al capdavall, el tipus de desenvolupament que s'està produint no és sostenible, de manera que

al ritme actual deixarem una terra inhabitable per als nostres descendents.

Já seria un gran progrés que la nostra societat es plantegés seriosament la consecució d'un desenvolupament sostenible, és a dir, el que «satisfaria les necessitats de les generacions actuals sense comprometre la capacitat de les generacions futures per satisfer les seves pròpies necessitats». Significaria que acceptem posar uns límits al que considerem el nostre benestar, que està basat en l'ús de

la tecnociència. Costa, però, encara d'imaginar que -per exemple- tots plegats renunciem en gran mesura a fer ús del nostre cotxe particular.

2. La capacitat de conformació de la vida de les persones que presenta la tecnociència pot anar en contra de certs valors, ja sigui de forma prevista i buscada, o sigui una conseqüència imprevista de la seva utilització. Mostrem alguns exemples relacionats amb les TIC.

En primer lloc, les TIC poden arribar a canviar substancialment les formes de vida social.

Les persones tenen -i tindran cada cop més- contacte amb els ordinadors substituint la seva relació amb altres persones. Per altra banda, la bidireccionalitat de les noves formes de comunicació, permetrà estar en relació a través d'un sistema multimèdia amb persones situades en un altre lloc i moment, però serà una relació mediitzada per la tecnologia.

L'amenaça a la privacitat (i, consegüentment, als valors per als quals és relevant) per part dels ordinadors que manipulen grans bases de dades ha estat el principal tema de reflexió ètica sobre la informàtica des de principis dels seixanta. És el perill que representaria per als ciutadans d'un estat totalitari. Però també el fet que un petit error pot causar un gran perjudici a la persona afectada; com que existeix una transferència de bases de dades entre institucions o empreses, l'error es pot escampar, resultant impossible corregir-lo a tot arreu. A més a més, si

s'arribés a centralitzar tota la informació sobre les persones i es permetés un accés públic a aquesta informació, les relacions personals es veurien alterades.

Abans de l'era de la microelectrònica les institucions ja recollien dades sobre les persones.

El problema s'origina a causa de la facilitat de concentració de dades i la facilitat de manipulació que permeten els ordinadors. Com a resultat de l'intens debat hagut en aquest tema, a les societats democràtiques s'accepta que cada persona ha de tenir control sobre la informació que es disposa d'ella. Així, cadascú ha de tenir el dret legal a inspeccionar les dades recollides que l'affecten i a poder modificar-ne les errònies.

Les TIC fan possible també una altra forma d'atac a la privacitat. Es tracta de la vigilància electrònica amb micròfons o càmeres, la interceptació de trucades i correu electrònic, etc.

Es facilment imaginable que podem acabar essent quasi continuament observats electrònicament i les nostres accions passar a ser emmagatzemades com a dades d'un sistema centralitzat. Quan aquesta vigilància és per raons de seguretat pública, apareix la necessitat de buscar un equilibri entre seguretat i llibertat.

3. Una conseqüència clara de la implantació de les TIC és la producció d'atur causat per l'automatització. Sobreto, se suprimeixen llocs de treball futuri i repetitiu, on les màquines poden resultar més rentables que la mà d'obra. És veritat que també es generen nous tipus de feines, més especialitzades, però el balanç global sembla clarament decantat cap a l'increment de l'atur, almenys a curt termini. A més a més, en el futur els ordinadors podrien passar a substituir les persones en feines millor qualificades, com en la presa de decisions, gràcies a l'anomenada intel·ligència artificial. La qüestió és, lògicament, si la societat sabrà respondre-hi adequadament, reduint la jornada laboral, retribuint feines que no es consideren productives, etc.

La utilització d'aquestes noves tecnologies requereix una formació adient. Això pot implicar que cada cop més gent vagi quedant al marge del món del treball. Les dones soLEN ser les més perjudicades, ja que són elles qui sobretot ocupen els llocs de treball

que van essent substituïts per les màquines.

Les TIC facilitaran la realització flexible del treball tant en el temps com en l'espai. Una bona part del treball (es diu que el 50%) es podrà fer des de casa mateix, sense necessitat de desplaçar-se al lloc de treball. Això dóna certament unes possibilitats, però també comporta un risc de sobreexplotació, en quedar el treballador més aïllat, a part de significar una reducció de les relacions personals.

Per últim, no es pot deixar d'esmentar un dels problemes actuals més dramàtics: la misèria que pateix una gran part del nostre món. Evidentment, la tecnociència també hi està implicada, ja que és la base de la producció industrial i aquesta és monopolitzada pels països rics en detriment dels països pobres. Aquests últims han de cercar quines tecnologies els són més apropiades a la seva realitat cultural i econòmica, i considerar tant el cost i l'adequació a la infraestructura del país com les possibilitats de fer-ne un manteniment correcte.

4. S'estima que una tercera part de tota la despesa mundial en R+D s'esmerça en aplicacions militars. En el pressupost dels EUA i altres països, el percentatge és superior al 50%. És habitual sentir a dir com a argument addicional a favor d'aquestes fortes inversions que, gràcies a la R+D en armament, s'han desenvolupat tecnologies que després han beneficiat la indústria i les aplicacions civils. Són les anomenades tecnologies de doble ús. Concretament, les TIC van ser inicialment desenvolupades als EUA a l'empar del Departament de Defensa i aquest continua aportant una part important de la seva finançació. De fet, el sector de les TIC i, en general, de l'electrònica ha tingut un gran pes en el desenvolupament d'armes des de la Segona Guerra Mundial. Actualment, l'electrònica representa un 35% del cost d'un avió de combat i el 45% d'un míssil. Es diu, però, a favor d'ella que afavoreix més la defensa que l'atac.

Al mateix Estat Espanyol, les fortes inversions en R+D realitzades pel Ministeri de Defensa en els darrers anys han volgut ser parcialment justificades amb l'argument d'afavorir el creixement de la indústria espanyola i

pel benefici indirecte en aplicacions civils. La qüestió és: què passaria si els mateixos fons s'invertissin en R+D d'aplicació civil? Segons alguns estudis, hi ha fortes raons per creure que la difusió de la tecnologia militar al camp civil no resulta gaire fluida. Entre les barreres que dificulten aquesta difusió tenim: 1) el secretisme que envolta la R+D militar; 2) els requeriments altament específics de moltes aplicacions militars; 3) el poc esforç que es dedica a millorar el procés de fabricació per manca de competència; i 4) un inflament dels costos causat, entre altres raons, per la disposició a pagar una qualitat superior a gairebé qualsevol preu. Es aquest interès per aconseguir fons públics amb relativa facilitat -i no pas raons ideològiques- el que mou a les empreses i també als grups universitaris a participar en projectes de R+D militar.

CONTROL DEMOCRÀTIC I EDUCACIÓ

Estem immersos en un corrent de tecnoscientificació de la societat que sembla no tenir fre.

Ens està aportant molts beneficis, principalment als habitants dels països rics, però també està emmotllant les nostres formes de vida i creant problemes d'enorme magnitud, difícils de superar. Sortosament, però, va augmentant a poc a poc la consciència de la necessitat d'un més gran control social i polític sobre la tecnociència.

Per a dur a bon terme aquest control s'han de multiplicar tant les evaluations de la implantació de tecnologies com els estudis de previsió. Certament, no resulta fàcil preveure com serà l'impacte d'una nova tecnologia; però si aquest només s'observa a posteriori, quan la tecnologia ja ha estat desenvolupada i es comença a aplicar, existeixen llavors forts interessos per a rendibilitzar-la. A més a més, com que una previsió ben feta pot requerir un temps llarg durant el qual no es pot implantar encara la tecnologia, els estudis de previsió poden produir una desacceleració del progrés tecnoscientific que cal acceptar. Per altra banda, la relativa autonomia de certes tecnologies suara esmentada porta directament a considerar la possibilitat i conveniència de posar límits al desenvolupament tecnoscientific. S'ha plantejat el tema en

l'enginyeria genètica, però potser es podria estendre també a altres tecnologies.

Sembla que es va acceptant la idea que els ciutadans tenen dret a participar en la presa de decisions relatives a la tecnociència. L'expertesa dels científics o tècnics no és raó suficient per a deixar les decisions exclusivament en les seves mans, ja que la seva àrea d'especialitat sol ser molt reduïda i, a més, estan directament implicats en les decisions.

Tanmateix, no està clar com fer operativa aquesta participació ciutadana. Caldria, ben segur, un gran esforç educatiu de la població. Una alfabetització científico-tecnològica que no es redueix a un conjunt de coneixements. Es tractaria de facilitar la comprensió dels problemes socials originats per la tecnociència i la formació d'una consciència crítica respecte d'aquests problemes. Aquest tipus d'educació és potser més necessària encaixa a les universitats politàcniques.

Contràriament al que succeeix en altres països, però, els ensenyaments de tipus sòciohumanístic són pràcticament inexistentes a les nostres escoles d'enginyeria.

BIBLIOGRAFIA

ERMANN, M. WILLIAMS M., GUTIÉRREZ C., Oxford Univ. Press, 1990.

ESCUDÉ, J.M. "Impacte ètic del desenvolup. tecnològic", a *El desafiament de les noves tecnologies, Qüestions de Vida Cristiana*, n. 139, 1987.

FISAS V., *La militarització de la ciència*, La Magranà (Fund. Jaume Bofill), 1989.

INVESTIT, *Filosofía de la tecnología*, revista Anthropos n. 94-95, 1989.

JOHNSON D.G., *Computer ethics*, Prentice-Hall, 1985.

KUHN T., *La estructura de las revoluciones científicas*, Fondo Cult.Econ., 1981.

LATOUR, B., *Ciencia en acción*, Labor, 1992.

MEDINA M., «La construcción de la tecnociència», a Elements d'història de la tècnica, S. Riera i Tuèbols, AEIC, 1995.

MEDINA M., SANMARTÍN J. (Eds.), *Ciencia, tecnología y sociedad*, Ed. Anthropos, 1990.

MITCHAM C., *Qué es la filosofía de la tecnología*, Ed. Anthropos, 1989.

POPPER, K., *La lògica de la investigació científica*, Ed. Laia, 1985.

RIERA I TUÈBOLS, S., *Més enllà de la cultura tecno científica*, Edicions 62, 1994.

ROSZAK T., *El culto a la información*, Ed. Crítica, Barcelona, 1988.

WINNER L., *La ballena y el reactor*, Gedisa, 1987.





CONFERENCIA EN LA UPC SOBRE EL POLÉMICO 0,7

Javier Rodríguez

Lres capaz de acordarte del 0,7 %? Un mediodía de otoño tuvo lugar en el aula máster una mesa redonda para hablar del tema del 0,7. Asistieron Jaume Mussons, Manuel Delgado, Arcadi Oliveres y Tica Font. Cada uno de ellos tenía un punto de vista diverso sobre la cuestión.

Jaume Mussons expuso la tesis de que la globalización de la economía llevaría a la desaparición de las bolsas de pobreza en todos los continentes. El núcleo de la exposición se centró en que el comercio y el intercambio de mercancías beneficia a las dos partes en juego, de manera que no es cierto que sea rentable en modo alguno el que existan países sumergidos en una pobreza extrema, porque quedan fuera del comercio internacional, e incluso desde un punto de vista egoísta no es aceptable el mantenimiento de la situación actual.

Manuel Delgado aportó un punto de vista antropológico a la cuestión. Afirró que en realidad el odio xenófobo que se centra cada vez más en las sociedades de religión islámica puede ser debido no a que seamos 'culturas' distintas que cada vez lo son más, que es lo aparente, sino a que las presuntas diferencias culturales con esas sociedades tienden a aplanarse y desaparecer, y a que cada vez hay más elementos que se incorporan a una cultura procedentes de la otra, de manera que ambas identidades, que llegan a definirse únicamente por negación del contrario, se sienten

amenazadas en su existencia y reaccionan de forma agresiva demonizando lo que les es pretendidamente extraño, esto es, rechazándolo sin llegar a conocerlo ni tan siquiera en parte. Ejemplo de esta anulación de diferencias culturales es precisamente el movimiento en favor del 0,7, que bien mirado no es más que obligar a la gente a hacer lo que es justo, porque se trata de la instauración de una suerte de donativo que se deduce de los impuestos de la colectividad, y por lo tanto de cada una de las partes, destinado a hacer más llevadera la pobreza. De esa forma, todos los habitantes del país son por defecto solidarios con los problemas del tercer mundo, de forma pasiva, tanto si están de acuerdo en serlo como si no lo están. Eso está en consonancia con nada menos que con uno de los pilares del Islam, que consiste en que todo musulmán está obligado por la ley coránica a dar una porción fija pre establecida proporcional al conjunto de su riqueza a cualquier necesitado que se lo exija.

Arcadi Oliveres, escritor vinculado a 'Justicia y Paz', hizo un breve repaso del nacimiento y evolución histórica de las ONG, organizaciones que desarrollan un papel fundamental al llevar a la práctica la acción solidaria. Las ONG son organizaciones que existen desde hace ya bas-

tantes años, algunas son realmente antiguas, y son básicamente organizaciones sin ánimo de lucro y con un objetivo concreto o un abanico de actividades en el campo humanitario. Las ONG se coordinan entre sí y colaboran frecuentemente sobre el terreno. Están integradas por voluntarios que dedican

gratuitamente su tiempo y sus conocimientos a una actividad de la que únicamente obtienen una recompensa de índole moral. La postura de los que participan en estas actividades es que no tener opinión en estas cuestiones es en realidad participar de una opinión muy extendida y no por

ello inocente, responsable en buena medida de que la solución de estos problemas se eternice.

Tica Font hizo una incursión en la visión más próxima a la propia de la plataforma por el 0,7, según la cual el principal problema no es que se tenga que aportar una cantidad u otra de dinero a la ayuda al tercer mundo, sino que existe la necesidad urgente de cambiar la forma en que esta ayuda se lleva a cabo. La forma tradicional en que los fondos de ayuda eran empleados por los gobiernos occidentales ha sido apoyar económicamente a países del tercer mundo que pueden suponer un beneficio político y en última instancia económico. Los fondos usualmente van de estado a estado, de manera que el gobierno receptor puede emplear ese dinero en lo que considere oportuno, sea

JAVIER RODRÍGUEZ es proyectista de la E.T.S.E.T.B., y miembro de la rama de estudiantes del IEEE.

alimentar a la población necesitada, sea construir un palacio presidencial. Muchos gobiernos de países subdesarrollados han empleado estos fondos y gran parte de su presupuesto en comprar armas modernas a las naciones industrializadas, de manera que esta forma de 'ayudar' al tercer mundo no es más que una forma hipócrita de dar mercados a la industria armamentística, al mismo tiempo que se fomentan las desigualdades, los conflictos armados y la perpetuación en el poder de gobernantes de clasificación dudosa, a base de hacerlos más poderosos. Se verifica en la realidad que los países que más beneficiados salen en los fondos de ayuda al tercer mundo no son precisamente aquellos que tienen necesidades más urgentes, sino aquellos de los que se puede esperar un mayor beneficio económico en un futuro próximo. Los créditos FAD son otra forma deficiente y contraproducente de supuesta ayuda al tercer mundo. Son unos créditos ' blandos ', sujetos frecuentemente a compromisos de compra por parte de estos países de productos producidos por la sobredimensionada industria de los países desarrollados. El dar la ayuda en forma de crédito contribuye a endeudar todavía más a estos países, que tienen ya de por sí deudas externas de proporciones astronómicas, y hace que sus economías permanezcan estables donde están, es decir, en el fondo. El objetivo, no siempre bien difundido por los medios de comunicación, con malicia o sin ella, de la campaña del 0,7, es establecer un control transparente sobre los fondos de ayuda desde que el dinero sale de aquí hasta que se emplea en proyectos concretos y verificables allí donde más se necesita. El dinero del 0,7 sería administrado por un conjunto de representantes de ONG y partidos políticos, que decidirían con independencia de criterio el destino de cada porción de la ayuda, destinando el dinero a ONG concretas para realizar tareas concretas en un plazo fijo de tiempo, atendiendo únicamente a razones de urgencia y utilidad, con una supervisión adecuada de los resultados por parte de comisiones imparciales reconocidas por todas las partes.

LA VIDA DE OLIVER HEAVISIDE

Nació en Londres el 18 de mayo de 1850; murió en Torquay, en la región inglesa de Devon, el 3 de febrero de 1925. Fue uno de los fundadores de la teoría de telegrafía por cable, y descubrió la 'capa Heaviside' en la ionosfera.

Heaviside fue el hijo de una artista y un sobrino de Sir Charles Wheatstone. Aunque carecía de una educación universitaria, fue seleccionado en 1870 para trabajar como operador de telégrafo de la Great Northern Telegraph Company en la localidad de Newcastle-upon-Tyne. Sin embargo, en 1876, se vio forzado a abandonar el trabajo debido al empeoramiento de la sordera que padecía. A partir de ese mismo año, volvió a vivir con sus padres (ya que Heaviside nunca llegó a casarse), con los que vivió hasta que éstos murieron. En 1889 se mudaron desde Londres a Paignton donde vivía su hermano, posteriormente Heaviside se trasladó a Devonshire donde vivió el resto de su vida. A pesar que su pobreza era aliviada por una pensión social (llamada Civil List), sus últimos años fueron vividos en soledad y excéntrica reclusión. El murió en un hospital de Torquay.

A pesar de su falta de educación formal, los años que Heaviside dedicó al estudio solitario le permitió comprender completamente mucha de la teoría física y matemática, por lo tanto, cabe resaltar que sus estudios académicos fueron poco ortodoxos. Sus primeros artículos técnicos, a principios de la década de 1870, incluían propuestas para la telegrafía multiplexada. Sus contribuciones a la teoría telegráfica tuvieron un significado mucho más amplio que la importancia a nivel técnico que suponía de forma inmediata. A las teorías de W. Thomson (Lord Kelvin), él añadió sus propios conceptos nuevos de inductancia y autoinductancia. El también introdujo ideas de impedancia y conductancia, y analizaba telegrafía por cable o por ondas de radio de forma esencialmente igual. Se preocupó de la forma de las ondas transmitidas a través de los cables, y mostró cómo producir ondas que, aunque sufrieran atenuación, no sufrían distorsión. En su opinión, las ondas eléctricas se propagaban a través del cable básicamente por conducción superficial. Sus conocimientos sobre conducción eléctrica se fundamentaron mayoritariamente en la teoría electromagnética de J. Clerk Maxwell, y en muchos aspectos él forma un puente entre Maxwell y H. R. Hertz, el trabajo de este último fue anticipado por Heaviside en una serie de ejemplos prácticos. Dio apoyo a la reforma de las unidades eléctricas. Su interés en las ondas de radio le llevó a sugerir en 1902 que algo por encima de la atmósfera era capaz de reflejarlas de nuevo al suelo. Esta característica atmosférica, llamada la capa de Heaviside en 1911, fue sugerida sobre la misma época de forma independiente por A. E. Kennelly.

Gran parte de los primeros trabajos de Heaviside atrajeron poca atención, pero la referencia que hizo Kelvin sobre él en su Discurso Presidencial en el Instituto de Ingenieros Eléctricos (*Institute of Electrical Engineers*) en 1889 pareció haberle llevado a la prominencia. En 1908 fue elegido como Miembro Honorífico del Instituto de Ingenieros Eléctricos (anteriormente no había sido considerado debido a su inhabilidad para pagar la subcripción anual).



alimentar a la población necesitada, sea construir un palacio presidencial. Muchos gobiernos de países subdesarrollados han empleado estos fondos y gran parte de su presupuesto en comprar armas modernas a las naciones industrializadas, de manera que esta forma de 'ayudar' al tercer mundo no es más que una forma hipócrita de dar mercados a la industria armamentística, al mismo tiempo que se fomentan las desigualdades, los conflictos armados y la perpetuación en el poder de gobernantes de clasificación dudosa, a base de hacerlos más poderosos. Se verifica en la realidad que los países que más beneficiados salen en los fondos de ayuda al tercer mundo no son precisamente aquellos que tienen necesidades más urgentes, sino aquellos de los que se puede esperar un mayor beneficio económico en un futuro próximo. Los créditos FAD son otra forma deficiente y contraproducente de supuesta ayuda al tercer mundo. Son unos créditos ' blandos ', sujetos frecuentemente a compromisos de compra por parte de estos países de productos producidos por la sobredimensionada industria de los países desarrollados. El dar la ayuda en forma de crédito contribuye a endeudar todavía más a estos países, que tienen ya de por sí deudas externas de proporciones astronómicas, y hace que sus economías permanezcan estables donde están, es decir, en el fondo. El objetivo, no siempre bien difundido por los medios de comunicación, con malicia o sin ella, de la campaña del 0,7, es establecer un control transparente sobre los fondos de ayuda desde que el dinero sale de aquí hasta que se emplea en proyectos concretos y verificables allí donde más se necesita. El dinero del 0,7 sería administrado por un conjunto de representantes de ONG y partidos políticos, que decidirían con independencia de criterio el destino de cada porción de la ayuda, destinando el dinero a ONG concretas para realizar tareas concretas en un plazo fijo de tiempo, atendiendo únicamente a razones de urgencia y utilidad, con una supervisión adecuada de los resultados por parte de comisiones imparciales reconocidas por todas las partes.

LA VIDA DE OLIVER HEAVISIDE

Nació en Londres el 18 de mayo de 1850; murió en Torquay, en la región inglesa de Devon, el 3 de febrero de 1925. Fue uno de los fundadores de la teoría de telegrafía por cable, y descubrió la 'capa Heaviside' en la ionosfera.

Heaviside fue el hijo de una artista y un sobrino de Sir Charles Wheatstone. Aunque carecía de una educación universitaria, fue seleccionado en 1870 para trabajar como operador de telégrafo de la Great Northern Telegraph Company en la localidad de Newcastle-upon-Tyne. Sin embargo, en 1876, se vio forzado a abandonar el trabajo debido al empeoramiento de la sordera que padecía. A partir de ese mismo año, volvió a vivir con sus padres (ya que Heaviside nunca llegó a casarse), con los que vivió hasta que éstos murieron. En 1889 se mudaron desde Londres a Paignton donde vivía su hermano, posteriormente Heaviside se trasladó a Devonshire donde vivió el resto de su vida. A pesar que su pobreza era aliviada por una pensión social (llamada Civil List), sus últimos años fueron vividos en soledad y excéntrica reclusión. El murió en un hospital de Torquay.

A pesar de su falta de educación formal, los años que Heaviside dedicó al estudio solitario le permitió comprender completamente mucha de la teoría física y matemática, por lo tanto, cabe resaltar que sus estudios académicos fueron poco ortodoxos. Sus primeros artículos técnicos, a principios de la década de 1870, incluían propuestas para la telegrafía multiplexada. Sus contribuciones a la teoría telegráfica tuvieron un significado mucho más amplio que la importancia a nivel técnico que suponía de forma inmediata. A las teorías de W. Thomson (Lord Kelvin), él añadió sus propios conceptos nuevos de inductancia y autoinductancia. El también introdujo ideas de impedancia y conductancia, y analizaba telegrafía por cable o por ondas de radio de forma esencialmente igual. Se preocupó de la forma de las ondas transmitidas a través de los cables, y mostró cómo producir ondas que, aunque sufrieran atenuación, no sufrían distorsión. En su opinión, las ondas eléctricas se propagaban a través del cable básicamente por conducción superficial. Sus conocimientos sobre conducción eléctrica se fundamentaron mayoritariamente en la teoría electromagnética de J. Clerk Maxwell, y en muchos aspectos él forma un puente entre Maxwell y H. R. Hertz, el trabajo de este último fue anticipado por Heaviside en una serie de ejemplos prácticos. Dio apoyo a la reforma de las unidades eléctricas. Su interés en las ondas de radio le llevó a sugerir en 1902 que algo por encima de la atmósfera era capaz de reflejarlas de nuevo al suelo. Esta característica atmosférica, llamada la capa de Heaviside en 1911, fue sugerida sobre la misma época de forma independiente por A. E. Kennelly.

Gran parte de los primeros trabajos de Heaviside atrajeron poca atención, pero la referencia que hizo Kelvin sobre él en su Discurso Presidencial en el Instituto de Ingenieros Eléctricos (*Institute of Electrical Engineers*) en 1889 pareció haberle llevado a la prominencia. En 1908 fue elegido como Miembro Honorífico del Instituto de Ingenieros Eléctricos (anteriormente no había sido considerado debido a su inhabilidad para pagar la subcripción anual).





LA CARRERA DE TELECOMUNICACIÓN VISTA POR LOS ALUMNOS QUE LA HAN REALIZADO

Santiago Lorente

En el mes de julio pasado, el Gabinete de Estudios y Documentación (GED) de la ETSIT de Madrid pasó un cuestionario a los que recibían el Diploma, con objeto de valorar una serie de cosas referidas a la Escuela y a la carrera. Como primicia para BURAN, se incluye aquí una síntesis de lo que los alumnos que han recibido su Diploma, esto es, que han acabado sus asignaturas y han acabado su Proyecto Fin de Carrera, han tenido a bien decir sobre la carrera. He aquí los principales resultados:

Valoraciones globales.

Para buscar la valoración de la carrera, se le pidió al alumno contestar una batería de frases, cuyos resultados en términos de Media y Desviación Típica aparecen en la tabla 1.

Como se aprecia, la valoración más alta es para la utilidad de la práctica en empresas, seguida de la utilidad de la enseñanza en el extranjero y de lo merecido que ha sido el esfuerzo realizado. Bastante alta es también la valoración de la capacidad para trabajar en equipo. Sin embargo, el alumnado niega que no se sienta preparado para ejercer la carrera al acabar los estu-

Valoraciones	Promedio	Desviación Típica
Existe un ambiente de fuerte competitividad entre compañeros	5.1	2.6
Una asignatura se hace interesante o se abandona en función del profesional, no de la asignatura en sí misma	6.7	2.2
La sensación de agobio es continua en la carrera	6.6	2.3
La especialización no rompe con la sensación de descontento que se tiene	5.3	2.4
Una vez obtenido el título, me siento (o me he sentido) incapaz de ejercer bien mi labor profesional	3.8	2.9
La duración real que te lleva a acabar la carrera es excesiva	6.3	3.0
Me siento preparado para el trabajo en equipo	6.8	2.3
Considero útil tener un par de meses de prácticas obligatorias en empresas	8.2	2.7
Hubiera considerado útil realizar parte de mis estudios en una universidad extranjera	7.5	2.7
Al final, merece la pena el esfuerzo realizado en bien del futuro ejercicio de mi profesión	7.2	2.3

Tabla 1. Distintas valoraciones sobre la carrera.

dios. El resto de las valoraciones están en terrenos más indefinidos.

La duración excesiva y el agobio se correlacionan significativamente (0.4), así como la valoración del esfuerzo con la identificación con la escuela (0.3). También se correlacionan entre sí las valora-

ciones que hablan de utilidad: la de las prácticas en empresas con la utilidad de completar estudios en el extranjero (0.4). Finalmente, se correlacionan, pero de forma negativa, el esfuerzo con el descontento: a mayor esfuerzo, menos sensación de descontento, y viceversa (-0.4).

SANTIAGO LORENTE es Director del Gabinete de Estudios y Documentación (GED) de la ETSI de Telecomunicación de Madrid.

Sin embargo, a la hora de hacer la regresión múltiple de todas estas con la identificación con la Escuela, se observa que sólo las variables del esfuerzo y del descontento forman parte de ella, lo que confirma ampliamente lo dicho anteriormente que la identificación con la Escuela tiene un carácter personal y social, y para nada o para muy poco un carácter formativo y de contenido de la carrera.

Si se correlacionan todas con todas las variables, se obtienen -en función de sus más altas correlaciones- cuatro grupos. Esta técnica es la que se conoce como «Análisis Factorial».

El primer grupo gira en torno al esfuerzo, a la duración excesiva de la carrera, al agobio, y -curiosamente- con el sentimiento de identificación con la Escuela. Nuevamente se ve que la identificación con la Escuela es un hecho moral que tiene poco que ver con los contenidos del aprendizaje.

El segundo grupo es similar, en donde se aprecia el sentimiento de incapacidad de ejercer la carrera, y nada el sentimiento de identificación con la Escuela.

El tercer grupo corresponde al pragmatismo. Este pragmatismo tiene aquí tres vectores: hacer prácticas en empresas, hacer cursos en el extranjero, y la percepción de la competitividad en esta carrera.

Finalmente, en el cuarto grupo se observa que el sentimiento de capacidad de trabajo en equipo es antagónico con el sentimiento de incapacidad de ejercer la carrera y con la constatación de la competitividad en ella.

Percepción del tipo de formación recibida.

Preguntados los alumnos sobre cómo han percibido la formación, tenemos que el 52% dicen que

Motivos	Promedio	Desviación Típica
Cambio de demasiado brusco respecto a COU	7.2	2.4
Extensión del temario	6.9	2.1
Dificultad de los contenidos de todas las asignaturas	6.6	1.9
Dificultad de los contenidos de matemáticas	6.6	2.3
Mala calidad de la enseñanza	7.2	2.2
Nivel de dificultad de los exámenes muy alto	8.5	2.4
Disparidad entre lo enseñado en clase (teoría) y lo exigido en el examen (práctica)	8.5	2.0
Falta de integración en la Escuela	5.0	2.8

Tabla 2. Motivos de la Dificultad de Primer Curso.

ha sido de tipo generalista, mientras que el 15% dicen que ha sido de tipo especialista, y el 33% que ha sido equilibrada. Estos porcentajes parecen responder bastante bien a lo que, en principio, se desea que sea una carrera universitaria.

Valoración del primer curso.

Los alumnos han valorado con un promedio muy alto (7.9), y muy unánimemente (Desviación Típica=2.5) la dificultad del primer curso. Este dato se correlaciona altamente (0.4) con la sensación de agobio en la carrera. Los motivos de esta dificultad, en tér-

minos de media y Desviación Típica están en la tabla 2.

Confirmado todo lo ya investigado por el Gabinete de Estudios y Documentación en anteriores investigaciones sobre el primer curso, se advierte que (por los promedios más altos y las desviaciones típicas más bajas) la dificultad que los alumnos encuentran radica en los exámenes, por dos motivos: su dificultad intrín-

seca y su incoherencia con lo explicado en clase. Sin embargo, la extensión del temario, y la dificultad de los contenidos (incluidos los de matemáticas) no parece que sean tanto problema como lo dicho sobre los exámenes, pues los promedios son los más bajos. El cambio brusco enseñanza media/universidad sí es acusado, igual que se obtenía en las encuestas a primer curso, poniendo así de manifiesto que las rupturas humanas tienen mucho que ver en la dificultad de primero. De ahí que la percepción de la calidad de la enseñanza sea pobre.

Al intentar ver cuáles de estas variables tienen una influencia (simultáneamente y en qué grado) en la percepción de la dificultad de primer curso, mediante la técnica de la regresión múltiple, se observa que la dificultad de los exámenes, la discrepancia entre lo enseñado y lo exigido en el examen, el cambio brusco y la falta de integración en la Escuela son las variables que más influencia tienen en la dificultad de primero.

Al hacer las correlaciones de todas con todas las razones de dificultad de primero, se obtienen tres conjuntos:

El primero está relacionado con la dificultad de los contenidos, incluidos los de matemáticas, con



la extensión del temario, con la dificultad de los exámenes, y con el cambio brusco enseñanza media/Universidad.

El segundo conjunto habla de las conexiones en la percepción de los alumnos entre la mala calidad de la enseñanza y las discrepancias entre teoría y examen y dificultad de exámenes.

Finalmente, el tercer conjunto gira entorno a los sentimientos humanos de no integración en la Escuela y cambio brusco entre la enseñanza media y la Universidad.

Dificultad de los restantes cursos.

Primero tiene una idiosincrasia que le hace susceptible de ser analizado de forma separada. Pero interesa analizar ahora la dificultad de los restantes cursos, de forma global. Los resultados se presentan en la tabla 3.

Globalmente, se advierten los mismos males que en primero: el de los exámenes, en cuanto que hay discrepancia entre lo enseñando y lo exigido, junto con la extensión del temario (que no su dificultad). Aquí, lo mismo que en el caso de primero, se quejan de la excesiva extensión del temario, mucho menos que de su dificultad para asimilarlo.

En razón a sus correlaciones, se advierten dos grupos:

El primero gira entorno a los problemas humanos derivados de la falta de integración con la Es-

<i>Costumbres docentes</i>	<i>Promedio</i>	<i>Desviación Típica</i>
Las transparencias son un mal método docente, ya que suelen ser de mala calidad e implican que algunas veces el profesor no prepare sus clases y/o vaya con excesiva rapidez	7.3	2.5
El nivel de la carrera es artificialmente alto, pues las asignaturas en sí no son difíciles, sino que el profesorado y el sistema ponen muchas trabas	6.7	2.3
La existencia de tres parciales además de un final en Junio facilitaría mucho el estudio	5.8	3.2
La cooperación y atención de los profesores en las revisiones de exámenes es bastante peyorativa	7.0	2.3
Las revisiones donde existe un contacto directo con el profesor son mejores que las realizadas de forma escrita	8.4	2.1

Tabla 4. Valoración de las costumbres docentes.

cuela, que hacen ver más acucentemente las discrepancias entre lo enseñado y lo exigido en los exámenes que se traduce en una mala calidad de enseñanza.

El segundo grupo, sin embargo, se concentra en la dificultad, tanto de los contenidos como de la extensión de los temarios.

Valoración de costumbres docentes.

Finalmente, en cuanto a valoración de la carrera, existe un conjunto de preguntas sobre las costumbres docentes de la Escuela. He aquí los resultados en la tabla 4. Las revisiones y las transparencias parecen ser unas costumbres docentes con las que los alumnos no están mucho de acuerdo, al menos en la forma en que se llevan a cabo. Sin embargo, la fórmula de tres parciales y examen de junio no solamente tiene la media más baja, sino la Desviación Típica más alta, por lo que es una variable que adquiere poco valor empírico. La observación de que el nivel de la carrera es artificialmente alto no por la materia en sí, sino por cómo lo hace el profesor, adquiere también un promedio bastante alto. Este indicador está, como era de esperar, bastante correlacionado (-0.3) y significativamente con el promedio de notas obtenido: a peor nota, más percepción del alto nivel de la carrera.

<i>Dificultad en los siguientes temas</i>	<i>Promedio</i>	<i>Desviación Típica</i>
Extensión del temario	6.9	2.0
Dificultad de los contenidos	6.3	1.8
Mala calidad de la enseñanza	6.7	2.1
Nivel de dificultad muy alto	6.2	1.8
Disparidad entre lo enseñando en clase (teoría) y lo exigido en el examen (práctica)	6.9	2.2
Falta de integración en la Escuela	3.4	2.6

Tabla 3. Valoración de la dificultad en los restantes cursos.



PASEO A TRAVÉS DE LA HISTORIA : DELFOS, EL OMBLIGO DEL MUNDO

María Cristina Escobar Labella

Si nos encontrásemos ante la más colossal pirámide egipcia mirando una de sus caras desde la base, tendríamos la sensación que cada cara es la única realidad por su grandiosidad, pero si fuésemos ascendiendo hipotéticamente los 'peldaños', a medida que vamos subiendo, veríamos cómo entran en contacto unas caras con las adyacentes hasta converger finalmente en un único punto.

Si las caras fuesen la ciencia, la política, la filosofía y las artes , el punto de convergencia sería un mismo conocimiento profundo de las cosas y cada cara sería auténtica y válida tanto en cuanto es una parte del todo, del ser, del ARKHE de todas las cosas donde a unas y otras las une el mismo afán: la búsqueda última del conocimiento, de la naturaleza y de la vida más allá de los cambios pasajeros (ya sean las modas u otros). Así pues, la autenticidad reside en la necesidad de búsqueda que todas ellas reflejan adaptada a cada momento histórico. Hemos de reconocer que nuestra época está especialmente influenciada por el conocimiento científico y técnico, pero no debemos olvidar que, por ejemplo, una Grecia

clásica, cuna de la cultura occidental, bañada quizás por un amor a la belleza y a la filosofía que hoy hemos perdido, sigue enseñándonos con su teatro, poesía, filosofía, política y con su ciencia, o que un Egipto sin tener la misma técnica que tenemos hoy día destacó por sus grandes obras de ingeniería y por sus conocimientos de astronomía y matemáticas que en gran parte, seguimos sin comprender. Con esto , os invito a traspasar los límites de la técnica y viajar hacia los albores de la historia occidental .

El complejo arquitectónico del santuario.

El sol brilla en todo su esplendor: se trata de Apolo que nos envía su fuerza a modo de cordial saludo entre viejos pinos piñoneros, algún olivo y ruinas por doquier que se niegan a ser olvidadas con su silenciosa presencia.

Al igual que un antiguo creyente tras un duro camino, alejado del núcleo, lo primero que encontramos es la fuente Castalia que utilizaban como necesario punto de purificación previo a la entrada al centro del complejo.

El núcleo en sí lo podemos dividir en dos partes por haber dos planicies en la montaña:

En el nivel más bajo podemos encontrar por un lado el gimnasio y la palestra que utilizaban los atletas para su preparación física previa a las com-

peticiones y por otro lado encontramos algunos pequeños templos dóricos llamados 'tesoros', así llamados por estar destinados a albergar los regalos que se hacían al santuario en agradecimiento por las consultas, entre los que destaca el famoso Tholos dedicado a Atenea, cuyo sencillo arte dórico junto con su peculiar planta circular contienen una magia encantadora que en armonía con su entorno mana una belleza cautivadora tan singular que aún en ruinas te impide apartar la vista.

En el segundo nivel encontramos la vía sagrada cuyos muros lesbios aún contienen grabadas las peticiones de libertad escritas por esclavos, a modo de oración petrificada que se niega a ser borrada por el tiempo.

A ambos lados de la vía, remontándonos al pasado, veríamos también 500 magníficas estatuas de bronce, regalo de Esparta, como si quisieran protegernos a modo de 'muro escultural'.

Continuando por este camino, previo a la entrada al templo de Apolo, el mas importante del lugar, al igual que en un sueño, aparece un bello templo que destaca entre ruinas: se trata del tesoro ateniense, hecho de valioso marmol de la isla de Paros cuyas sencillas líneas quedan enmarcadas por sobrios cipreses que resaltan aún mas su blancura contra el intenso azul del cielo.

MARÍA CRISTINA ESCOBAR LABELLA es estudiante de 4 curso de ingeniería de telecomunicación.



El templo de Apolo está sumido en ruinas, pero situándonos frente a él, en lo que debió ser su fachada principal, podemos intuir la caricia del sol con sus primeros rayos al alba iluminando la vuelta del éxodo del Dios por la muerte de Pitón que decoraba su frontón occidental.

Como decíamos, basta hacer esta descripción para comprender el sentido que le daban al lugar: por un lado encontramos los templos como muestra del profundo sentir religioso que tenían mientras que por otro lado el gimnasio y el estadio evidencian que nunca fue para ellos un problema combinar el cuer-

griegos tenían estos acontecimientos es que si había alguna guerra entre los estados del país, esta se paraba. Así como destacar que en los juegos no participaban profesionales del deporte sino cualquier hombre que quisiera ofrendar su esfuerzo a los Dioses.

Vale la pena resaltar algunos detalles sobre el arte griego y es que nunca quisieron que quedara vedado a un museo a la vista de unos pocos sinó que estaba al alcance de todos, hecho que podemos comprobar en que toda la decoración estaba en el exterior de cara a todo el pueblo y no en el interior reservado a unos pocos.

Como curiosidad podemos ver las pinceladas de arte romano de períodos posteriores en el odeón y el estadio por la presencia del empedrado en la orquesta y la presencia de graderías respectivamente que jamás aparecen en el arte griego.

Pero sin duda hay algo que no olvidaré: la serena mirada del auriga, una de las estatuas en bronce quizás mas bellas de todos los tiempos, inquebrantable y harmoniosa, cuya increíble fuerza expresiva y perfección emanan una paz inigualable.

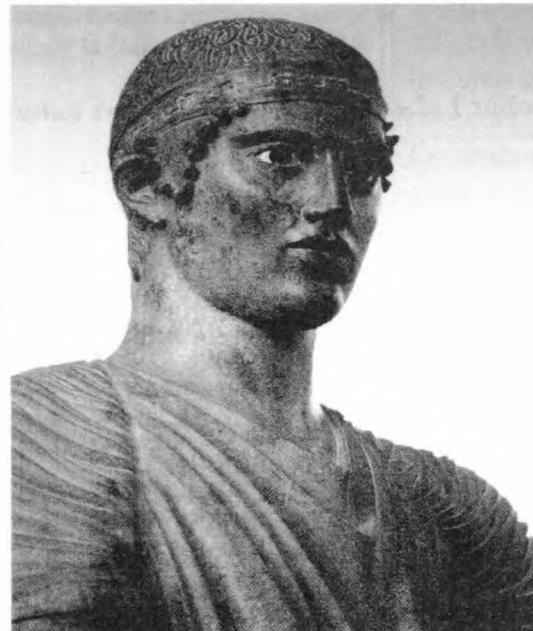
La verdad es que para hablar de Grecia siempre faltarán palabras pero lo que sí podemos decir de todo el mundo griego es que ha superado la dura prueba del tiempo:

Su arte antropomórfico exaltando los cánones humanos, el hombre perfeccionado, la búsqueda del arquetipo y la norma griega.

Su filosofía, profundizando en la capacidad del pensamiento humano sigue siendo estudiada en cualquier universidad.

Su política con su democracia anteponiéndose siglos a su época, en

DELPHI



GREECE



Junto a este templo, encontramos un magnífico odeón, de muy buena acústica, que no es mas que un tipo de teatro griego construido para las competiciones artísticas. Sus restos aún emanan la catarsis que producían las obras de teatro en los espectadores además de transportarnos al comienzo incipiente de nuestras primeras notas musicales para sus letanías.

Continuamos hacia el norte, como queriendo alcanzar el sol, y tras una 'costosa' cuesta a modo de primera 'prueba atlética', llegamos al gran estadio de Delfos que se conserva en perfecto estado. Si cerrras los ojos, puedes presentir el criterio y la emoción que estas ruinas albergaron cuando se celebraban las carreras de aurigas y otras competiciones atléticas durante los juegos píticos.

po y el alma, nunca fue problema combinar el mundo 'apolíneo', el mundo de las ideas, de la ciencia y las artes con el mundo 'dionisiaco', el mundo corpóreo de las pasiones y de lo vital.

Por otro lado es muy bonito recordar que a las competiciones atléticas que tenían lugar durante el día, seguían las artísticas durante la noche en el odeón: poetas, músicos y cantantes luchaban por las ansiadas coronas de laureles.

En cualquier caso quienes participaban no lo hacían por dinero sinó por la fama de haberse superado a sí mismos.

En este caso, los juegos también se celebraban cada 4 años como en el caso de los Olímpicos pero se llamaban Píticos en honor a la diosa Pitón.

Una idea más que vale la pena recordar para ver el valor que para los

el que cada hombre recuperaba su valor individual y activo .

Sus tragedias, dramas y comedias siguen siendo escenificados 2500 años después.

Pero quizás una de las máximas más conocidas del mundo griego y que nos evidencian la importancia que daban al desarrollo del hombre en todas sus facetas sea la que está grabada en el frontispicio del templo de Apolo en Delfos que nos recuerda:

"HOMBRE, CONÓCETE A TI MISMO Y CONOCERÁS LOS SECRETOS QUE RIGEN EL COSMOS".

El origen mitológico del santuario.

Hace mucho, mucho tiempo cuando los dioses del Olimpo habitaban la tierra, Zeus, el dios de dioses griego, con el fin de conocer dónde estaba el ombligo (omphalos) del mundo lanzó dos águilas desde los dos extremos de la tierra y las dos aves se encontraron al pie del Parnaso, lugar donde se debería elevar el centro religioso de Grecia

mela , la luna, hijos de Latona y Zeus

Era adorado en Knossos (Creta) pero el Dios quiso trasladar su santuario a tierra firme, por lo cual, mientras un navío cretense iba hacia Pylos, Apolo se apareció en forma de enorme y plateado delfín a una tripulación aterrorizada obligándoles a cambiar su rumbo hacia Crisa, a la vista de las montañas que dominan Delfos. Saltó al navío y exhortó a los marinos a construir un templo donde él les diría y a ser ellos sus primeros sacerdotes. El templo se llamaría Apolo Delfos porque se había aparecido a los hombres en forma de delfín . La idea entusiasmó a los cretenses y el Dios les llevó hasta Delfos en una alegre procesión.

Cuando alcanzaron por fin aquella soledad desabrigada y sombría, sin posible cultivo, los marinos se acordaron, pero Apolo les devolvió la confianza asegurándoles riquezas sin límite, pues él era

Lucha entre dioses:la evolución de la religión matriarcal egea hacia la patriarcal nómada de los pueblos invasores.

En Delfos, ya residía una deidad telúrica anterior, más antigua, la Tierra misma, la diosa Gea que mandaba sobre una serpiente llamada Pitón que era una encarnación evidente de los poderes terrestres. Apolo, 'hirió' fatalmente al reptil desterrando así su culto del lugar.

En consecuencia, en Delfos podemos ver claramente la evolución de la arcaica religión telúrica proveniente de Creta y Asia Menor, más bien matriarcal, de los cultos agrarios más antiguos del mediterráneo oriental, hacia las creencias uránicas (recordemos que Uranos en griego es cielo) cuando sobrevinieron las invasiones de dorios y aqueos trayendo consigo su religión nómada y patriarcal. Eran pueblos pastoriles, nómadas y más violentos. En su religión destaca un

El lugar es un rincón impresionante: es un áspero valle situado en las estribaciones del Parnaso . Si a tus espaldas queda la imponente montaña, frente a ti puedes observar el mar Jónico con un delicado tono violeta mientras que a tus pies observas un profundo desfiladero por el cual discurre el riachuelo Pleistos entre cipreses y olivares.

Y es que, el lugar en que residía un dios debía estar en concordancia con su carácter.

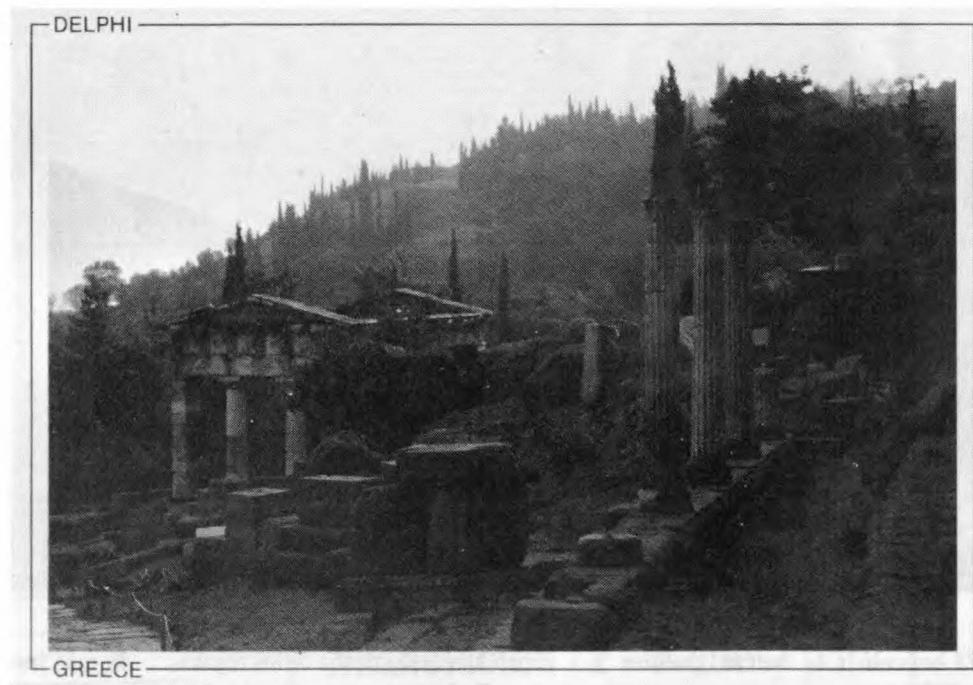
Apolo, el sol, era el dios del día, con una mirada tan clarividente que conocía el porvenir y lo revelaba. Era también el dios de la armonía que había inventado la música y la poesía para deleite de los hombres. Nació en la isla de Delos junto con Artemisa, su hermana ge-

el dios que conocía el porvenir y establecería un oráculo.

Apolo era el representante de la cultura masculina y de la premonición luminosa del hombre en pugna contra el mundo palpitante, cavernoso y secreto.

predominio de los dioses sobre las diosas además de llevar tras de sí una mitología más fascinante.

En cualquier caso hay que decir que ésta no es una religión revelada sino lo que tenemos de ella son los mitos que algunos poetas escribieron a



partir de la tradición oral como Homero o Hesíodo.

Así pues, se produce una evolución hacia una religión antropomórfica : los dioses griegos son creados a semejanza de los hombres, con lo que nace una religión ricamente politeísta y profundamente humana, hacia los siglos séptimo y sexto a.C.

Al mismo tiempo que los judíos tienen conciencia de Jehová como único dios, en la India es el tiempo de Buda y en el Irán de Zoroastro (Zaratustra, según la transcripción griega). Algo misterioso y simultáneo, revolucionario y profundo acaece en el alma del hombre en países tan apartados y distintos. Surgen la gran religión monoteísta, las dos grandes religiones ateas orientales y el politeísmo. Este, que morirá doce siglos más tarde, se impone en el espíritu de los hombres en la Grecia clásica.

precio señalado para realizar la consulta y hacían el sacrificio de un animal . Si el sacrificio era favorable, podían hacer su pregunta a la pitonisa (o Sibila) que estaba invisible en lo más profundo del templo. La respuesta de la pitonisa, que se dice que respiraba emanaciones de una grieta en el fondo del templo, muy a menudo incoherente y metafórica, era interpretada por los exégetas o sacerdotes del templo.

En principio el oráculo sólo daba audiencia una vez al año y únicamente con gran urgencia podía ser consultado en otro tiempo excepto en invierno porque Apolo se iba al país de los hiperbóreos donde reina la eterna primavera.

Su importancia política radica quizás en sus predicciones para las batallas donde teniendo toda clase de información, sus respuestas

finalmente Teodosio I, en el 381 d.C., al prohibir el paganismo, asesistó un duro golpe al santuario del cual jamás se recuperaría.

Políticamente, Delfos contribuyó a la unificación de los griegos y realizó la primera confederación de sus estados.

¿Acaso tenemos miedo a la Libertad?

Sepamos romper los límites de la especialización, aunque este sistema no nos sea propicio. A menudo, el mejor camino y la mejor respuesta no son los más llanos. Recuperemos el modelo del hombre integral de Leonardo da Vinci. Dejemos de clasificar a los hombres en unas nuevas clases que lo limitan, en especies de tribus de ingenieros, poetas, místicos, científicos, políticos, filósofos, médicos o artesanos y recuperemos en cada uno de nosotros al pequeño poeta, al pequeño científico y al pequeño filósofo que todos llevamos dentro. No dejemos que nunca mueran los sueños y más si son los de la búsqueda alada del conocimiento. Introduzcamos en nuestra vida cotidiana un poco de tiempo para vivir aquellas cosas que aunque no nos den dinero, nos proporcionan la extraña sensación de felicidad de vivir lo que pensamos que vale la pena y no lo que nos han enseñado para mantener este sistema, porque aunque pretendan limitarnosla, esta vida



DelPhi

El oráculo : la fuerza política y religiosa.

La función principal de Delfos era el oráculo. De Grecia y de todas partes del mundo acudían gentes al santuario para consultar sobre las cuestiones más diversas.

Previamente los creyentes se bañaban en la fuente Castalia de agua cristalina y fría, pagaban el

dependían de la cuantía de los regalos.

En la época romana, el oráculo perdió su fuerza, aquella que le concedía el hecho de ser árbitro de prestigio divino de querellas y disensiones, por lo que recibía dinero de todas las ciudades griegas. Nerón, arruinó definitivamente el templo, robando 500 bellísimas estatuas y llevándoselas a Roma. Pero

es más inmensa que el infinito más enorme que jamás podamos imaginar.

Bibliografía.

WALTER F. OTTO: *Teofanía* ed. Eudeba lectores
HESÍODO *Cosmogonía y Teogonía*
E.KARPODINI-DIMITRIADI *Grecia* ed. Ekdotike Athenon