

AC, ESAII, EIO, FEN, LSI, MAII, OE, LCFIB,  
T. Aluja, A. Cañabate, U. Cortés,  
J. Escoda, F. Orejas, E. Trillas



**25**  
**ANYS**

**FIB** Facultat  
d'Informàtica  
de Barcelona



UNIVERSITAT POLITÈCNICA  
DE CATALUNYA



**ANYS**

**FIB**

Facultat  
d'Informàtica  
de Barcelona

Servei de Comunicació Institucional de la UPC, 2002 (6306)

Imprimeix: El Tinter, SAL (Empresa certificada ISO 14001 y EMAS)  
Disseny: Manuel Andreu  
ISBN (del volum): 84-7653-804-9  
ISBN (de la col.lecció): 84-7653-808-1

# Índex

## Volum 2

Departament d'Arquitectura de Computadors .....	5
Departament d'Enginyeria de Sistemes, Automàtica i Informàtica Industrial .....	25
Departament d'Estadística i Investigació Operativa .....	39
Departament de Física i Enginyeria Nuclear .....	51
Departament de Llenguatges i Sistemes Informàtics .....	75
Departament de Matemàtica Aplicada II .....	83
Departament d'Organització d'Empreses .....	95
Laboratori de Càlcul de la FIB .....	103
Tomàs Aluja .....	109
Antonio Cañabate .....	121
Ulises Cortés .....	127
Josep Escoda .....	131
Fernando Orejas .....	139
Enric Trillas .....	141



## Departament d'Arquitectura de Computadors

Quan ens reunim amb els nostres col·legues de tot el món, aquests ens mostren la seva sorpresa sobre dos temes: com és que el nostre Departament té el singular nom d'*Arquitectura de Computadors*? I, com és que hem assolit un nivell tècnic tan alt en el context mundial tot i trobar-nos en un context europeu i local on no es fabriquen computadors?

El nom del Departament és únic al món i té el seu origen en la primera assignació d'assignatures de la Facultat d'Informàtica de Barcelona (FIB) a departaments. En aquell moment, es va encarregar al Departament la docència d'Arquitectura de Computadors, Sistemes Operatius, Xarxes de Computadors i Avaluació de Prestacions de Sistemes Informàtics. El nom el vam heretar de la comissió constituent de la FIB, en la qual no hi havia cap membre de l'actual Departament. Certament, avui agraïm la visió estratègica d'aquella comissió.

Pel que fa a l'origen de la qualitat, hem de dir que va ser possible gràcies a la qualitat humana i tècnica del nostre mentor, el professor Tomás Lang. El Departament deu a en Tomás tot el que som. I no només el Departament. També la filosofia de treballar molt i bé la vam aprendre d'ell. Avui podem dir que, gràcies a la sort que vam tenir del seu mestratge, molts altres centres universitaris d'arreu de l'Estat també han pogut gaudir dels seus coneixements. En Tomás va crear escola a Espanya pel que fa a

l'Arquitectura de Computadors. Alguns dels antics professors del DAC, que es van formar amb nosaltres en els primers anys de la nostra existència, se n'han anat a altres universitats tant catalanes com de la resta de l'Estat, on han format equips de docents i d'investigació versats en aquestes disciplines. Des dels inicis de la FIB, el nostre Departament ha estat una referència clara a tot Espanya en aquests temes. Gràcies, Tomás, per tot el que et devem.

En aquest document commemoratiu del XXV Aniversari de la nostra Facultat d'Informàtica de Barcelona, volem fer avinent, de forma succinta, la història del Departament d'Arquitectura de Computadors (DAC), sobretot pel que fa als temes complementaris a tota la informació oficial que es pot obtenir a partir de la nostra pàgina web a l'adreça <http://www.ac.upc.es>

## Orígens

Quan es va començar a conformar el pla d'estudis inicial de la FIB, l'Arquitectura de Computadors era una matèria que no s'impartia a cap centre de l'Estat espanyol. Els ensenyaments més propers a l'Arquitectura de Computadors s'estudiaven a les escoles industrials, a les de telecomunicacions i a algunes facultats de física. S'hi explicaven conceptes sobre circuits digitals i autòmats digitals, a la vegada que es començaven a conèixer els primers microprocessadors, que havien vist la llum l'any 1971. Les assignatures de Sistemes Operatius eren pràcticament desconegudes, llevat de les associades a nuclis en temps real per a aplicacions de control. Les xarxes de computadors, tal com les coneixem avui dia, no existien. Per altra part, l'avaluació de prestacions dels sistemes informàtics també era un tema força recent.

Al començament de la FIB, tots els professors del DAC eren professionals que treballaven a empreses i que, a més, impartien la seva docència a temps parcial. Aleshores, la investigació pràcticament no existia. El punt de partença es produeix quan el professor Tomás Lang ve a fer unes xerrades a la FIB i decideix acceptar l'oferta del degà,

el professor Manel Martí, per ser docent de la FIB a partir del setembre de 1978. En aquell moment, el DAC comença la contractació de professors amb dedicació exclusiva i, amb això, s'inicia la investigació. Des d'un bon començament, i arran dels suggeriments d'en Tomás, el DAC procura contractar els millors professionals, independentment dels seus títols i de la universitat que procedeixin. Així doncs, es contracten enginyers de la branca de telecomunicacions i de la d'industrials, físics, matemàtics i llicenciats en informàtica, ja siguin de la UPC o de la UAB. D'aquesta manera es forma un nucli inicial d'unes deu persones, que reben el sobrenom de «la banda del bit». Aquest planter de professors defineix i orienta, de manera clara, l'aposta del DAC per una bona docència, per la investigació i per la gestió interna. Pel que fa a aquest últim punt, cal dir que des del començament s'estableix que totes les assignatures podran ser impartides per tots els professors, que cada persona tindrà un vot i que es compartiran tots els recursos de laboratoris i material divers. Aquestes característiques continuen sent vàlides avui, i són, potser, les que més ens diferencien de la majoria dels departaments de la UPC.

## Estructura departamental de la UPC

La FIB ja disposava d'una experiència de gairebé deu anys quan la UPC s'estructura en departaments multicentre. En aquest moment, el nostre Departament decideix associar-se amb alguns dels professors que imparteixen les classes d'Arquitectura de Computadors de l'ETS d'Enginyers de Telecomunicacions, que és l'origen de l'actual DAC. Uns anys més tard, la reestructuració de les universitats catalanes va provocar que les classes que impartíem a Girona passessin a fer-se a la Universitat de Girona. D'altra banda, l'Escola de Telecomunicacions del Baix Llobregat (EUPBL) assigna docència al DAC el curs 1991-1992, i el mateix passa amb l'Escola de Vilanova (EUPVG) el curs 1993-1994. En aquests moments, el DAC imparteix docència a quatre centres, i ara el nombre de professors és de 87 (69 en exclusiva i 18 per hores), amb un percentatge del 59 % a la FIB, del 22 % a Telecomunicacions, del 12 % a Castelldefels i del 7 % a Vilanova.



La creació de l'actual Departament no va estar exempta de discussions acalorades —algunes poc tècniques—, impròpies de l'esperit universitari. Per una part, la relació amb alguns professors de Telecomunicacions no va ser la millor que es podia esperar. Una de les discussions era, en l'àmbit tècnic, sobre el tema dels ensenyaments de les Xarxes de Computadors. El nostre Departament havia estat pioner en la docència d'aquests temes. Els professors Ramon Puigjaner i Joan Tubau impartien dues assignatures sobre aquesta matèria. D'una se'n feia classe des de l'any 1978. Amb la LRU i l'estructuració de les assignatures en Àrees de Coneixement, es crea l'Àrea d'Enginyeria Telemàtica, a la qual s'assignen les assignatures de Telemàtica a les escoles de Telecomunicacions. Es va decidir que les assignatures de Xarxes de Computadors, a Telecomunicacions, les farien els professors de l'Àrea de Telemàtica, i que les mateixes assignatures les impartiria el DAC a la FIB. A més, el DAC impartiria els ensenyaments d'Arquitectura de Computadors a Telecomunicacions.

D'altra banda, i dins de la FIB, un grup de professors de l'Àrea d'Arquitectura i Tecnologia de Computadors, per raons que, en opinió nostra, van ser purament personals i polítiques, van decidir crear un departament en què, a més, també hi col·laboressin professors de l'Àrea d'Enginyeria de Sistemes. Aquesta situació es trobava al límit de la legalitat de la LRU. La decisió política de crear aquest nou departament, a la qual donava suport l'equip de Rectorat d'aleshores, i que no era acceptada per nosaltres, ha originat, des de llavors, moltes discussions; seguim creient que aquesta no va ser la millor solució. Allò més raonable hagués estat que els professors de l'Àrea d'Arquitectura i de Tecnologia de Computadors de la FIB haguéssim format un únic departament.

## Docència

Actualment impartim classes d'Arquitectura de Computadors, Sistemes Operatius, Xarxes de Computadors, Avaluació de Prestacions i Disseny VLSI a les següents entitats: la FIB, Telecomunicacions de Barcelona, de Castelldefels i de Vilanova. Una carac-

terística gairebé única del nostre DAC és que no hi ha seccions departamentals. Des del començament es va decidir que les assignatures no s'assignarien a equips de professors, sinó que qualsevol professor podria escollir fer classe de qualsevol assignatura. Hi ha, però, un mecanisme global per assignar professors a assignatures cada quadrimestre. A la pràctica, existeix una agrupació natural, encara que aquesta visió global que anteriorment hem esmentat té alguns avantatges respecte a l'estructura en seccions. Tanmateix, creiem que per a la docència és fonamental el fet que els professors tinguin el seu lloc de treball i el seu despatx als centres docents on imparteixin les classes, de manera que els alumnes tinguin fàcil accés a qualsevol tipus de consultes sobre les assignatures.

L'existència de tipus d'assignatures molt relacionades pel que fa a la temàtica, i amb assignació oberta pel que fa a la docència a tots els professors, fa que sigui més fàcil ensenyar cada una de les disciplines. Tanmateix, també esdevé una bona plataforma per tractar a fons els temes frontera. Actualment molts dels ensenyaments són interdisciplinaris. Per exemple, hi ha molts temes comuns entre els sistemes operatius, les xarxes de computadors i els sistemes multiprocessadors. D'altra banda, cal conèixer l'electrònica digital si es vol oferir una bona docència i fer investigació en l'àmbit de l'arquitectura de computadors.

Impartir una docència d'alta qualitat és una de les primeres obligacions d'un departament universitari. Per a nosaltres, la docència és l'activitat que creiem que sempre s'hauria d'estar millorant. En aquest sentit, intentem donar el millor tracte als nostres alumnes i atendre'ls sempre que ens ho demanin. També procurem dirigir el més gran nombre de projectes finals de carrera, i intentem que els alumnes es quedin amb nosaltres a l'hora de fer la tesi i de seguir una vida universitària. De fet, molts dels actuals professors del Departament han estat abans alumnes de la FIB. I, de fet, hem tingut alumnes molt famosos, com és el cas de Luis Doreste, que va guanyar dues medalles d'or olímpiques i també diversos campionats mundials, europeus i estatals. En Luis, després d'acabar els seus estudis a la FIB, es va mantenir com a professor al nostre Departament durant més de deu anys.

Els continguts docents, així com també els mètodes d'ensenyament, són temes de màxima prioritat. S'organitzen moltes reunions entre els professors de la mateixa assignatura, entre els d'assignatures relacionades i a escala global. Pel que fa a aquest darrer punt, cal dir que el DAC organitza, de manera regular (va ser pioner a la UPC en aquest tipus d'activitats) i des del juliol de 1997, unes Jornades tècniques de docència, anomenades JoDoDac, amb motiu de les quals tot el Departament es reuneix per discutir des de temes globals de mètodes d'ensenyament fins als últims detalls dels programes de les assignatures.

## Investigació

En no arriba a vint anys, el DAC ha passat de no tenir professors de dedicació exclusiva a tenir-ne gairebé setanta. Si comptem doctorands i els becaris de projectes, el nombre de persones que hi desenvolupen una activitat exclusiva és de cent cinquanta. Des del començament, al DAC hem considerat que l'activitat investigadora ha d'estar orientada no solament a escriure articles per als millors congressos i revistes, sinó també a fer coses que interessin a les empreses. Per això, la transferència de tecnologia a les empreses ha estat una activitat constant al nostre Departament.

L'activitat investigadora que portem a terme està organitzada en línies d'investigació. Les línies actuals, que s'han mantingut durant molts anys, són: Computació d'Altes Prestacions (CAP), Arquitectura dels Sistemes Distribuïts, Disseny de Sistemes VLSI i Comunicacions Integrades a Banda Ampla. Si fem el percentatge d'investigadors que hi treballen, veurem que la línia de CAP n'inclou el 60 %, les dues línies de Comunicacions n'apleguen el 35 %, i la línia de VLSI la resta.

Així, la línia de **Computació d'Altes Prestacions (CAP)** agrupa més del 60 % dels investigadors del DAC. Aquí s'investiga sobre temes d'arquitectura de computadors, compiladors, sistemes operatius, eines i algorismes paral·lels. Si ens fixem en l'entorn català, espanyol, europeu i mundial, es veu clarament que Europa, en els últims anys,

ha deixat de produir processadors d'altres prestacions i supercomputadors basats en sistemes multiprocessadors de la gamma alta de velocitat. De fet, avui dia la majoria dels desenvolupaments en aquest camp es fan als Estats Units. Aquesta situació fa molt difícil la col·laboració amb empreses de l'entorn més pròxim al camp de l'arquitectura dels computadors. I això també passa en el camp dels sistemes operatius i compiladors. Des de l'any 1981, la línia d'investigació en computació d'altres prestacions ha desenvolupat una línia d'investigació capdavantera, que ha publicat en els millors congressos i revistes internacionals. Actualment, i en el tema d'arquitectura de computadors d'altres prestacions, aquest equip d'investigadors està considerat, per part de les publicacions, com un dels millors equips del món, i és el millor en l'àmbit europeu. De fet, col·laborem amb els millors equips d'investigació del planeta, rebem moltes visites dels millors investigadors del món i les empreses líders del sector estan interessades en la nostra activitat.

Fins fa uns anys els programes de la Unió Europea preveïen projectes on es desenvolupaven des de processadors fins a sistemes complets, i també qualsevol tipus de programari de base i d'aplicacions. Durant aquell període, el nostre Departament va col·laborar en projectes com ara *Genesis*, en el qual es va intentar fabricar un supercomputador europeu, i *Ships*, que va ser l'últim intent de fer un microprocessador d'altres prestacions. Durant la mateixa època vam desenvolupar sistemes operatius per a sistemes multiprocessadors dins del projecte *Supernode-II*, i compiladors per a sistemes orientats a objectes dins del projecte *ESPRIT*. Altres projectes, com *Mhaoteu*, *Sepia* i *Apparc*, ens van permetre fer aportacions en temes molt relacionats amb els aspectes maquinari i programari de base dels computadors d'altres prestacions.

Ja fa anys que Europa ha deixat de ser activa en el disseny de processadors d'altres prestacions i de sistemes complets. Sembla, doncs, que no podrem pas competir en aquest tipus de desenvolupaments davant les empreses americanes i japoneses. Per això, fa molts anys que el nostre Departament va començar a col·laborar amb empreses nord-americanes. Concretament, l'any 1992 vam començar un projecte amb *Convex* a fi de desenvolupar, en el període de tres anys, una part del seu compilador per als seus

supercomputadors. A partir d'aquí, hem establert col·laboracions amb empreses líders del sector, com *Intel*, *Sun*, *HP*, *Compaq* i *IBM*. Aquestes col·laboracions són múltiples. En cada una hi han participat alumnes del DAC que, a l'estiu, han fet estades de tres mesos als centres d'investigació. A *Compaq* i *HP* hi han participat professors del nostre Departament en règim sabàtic. Gairebé totes aquestes empreses han ofert finançament per als nostres becaris de doctorat. I més endavant farem esment dels centres d'investigació que algunes d'aquestes empreses han creat amb nosaltres, aquí a Barcelona.

La línia d'investigació sobre **Arquitectura dels Sistemes Distribuïts** abasta els següents àmbits: la interconnexió de xarxes de computadors, la provisió de serveis de seguretat en aquests mitjans, el comerç electrònic *business to business*, basat en l'intercanvi de documents electrònics estructurats (EDIFACT), i la utilització de mitjancers (*brokering*), l'especificació i desplegament d'infraestructures de clau pública, la gestió electrònica dels drets de propietat intel·lectual, la cooperació de grups mitjançant xarxes d'ordinadors i la gestió remota de documents multimèdia. El nostre equip va participar també a les primeres accions COST de cooperació científicotècnica, fins i tot abans de la incorporació d'Espanya a la Comunitat Europea en els projectes *GILT* (1983) i *AMIGO* (1984) per a l'especificació de sistemes de missatgeria distribuïda, predecessors dels sistemes actuals. A partir del 1986, any de la incorporació d'Espanya a la Comunitat Europea, el nostre equip ha participat en un bon nombre de projectes finançats per la Comissió Europea, en el marc de programes com *ESPRIT* (*CACTUS*, *TWB*, *FODATEC*, *TWB-II*), *RACE*, *TEDIS*, *TELEMATICS*, *ISIS*, *ACTS* (*MULTIMEDIATOR*, *TRADE*, *HYPERMEDIA*), etc. Així, l'activitat investigadora de l'equip ha intervingut en processos productius de serveis telemàtics, dels quals els socis industrials dels consorcis que s'han creat n'han obtingut notables beneficis.

La línia d'investigació de **Disseny de Sistemes VLSI** es va formar a finals de la dècada dels vuitanta. Des d'un bon començament, les activitats d'investigació de l'equip es van centrar en l'automatització dels processos de disseny, especialment en el disseny assistit per ordinador i en la verificació assistida per ordinador. L'objectiu final d'a-

questes activitats ha estat sempre elaborar prototips que demostrin l'aplicabilitat de les tècniques proposades. Malgrat ésser un grup petit (hi han passat poc més de deu persones), les investigacions que s'hi han portat a terme sempre han estat de gran qualitat, i els investigadors han publicat en els millors congressos i revistes internacionals. Durant els gairebé deu anys d'existència del grup s'han llegit sis tesis doctorals. Dos dels doctors s'han incorporat a companyies americanes líders en el sector, i un altre ha entrat a formar part d'una empresa europea. Actualment estan treballant en projectes capdavanters en aquesta àrea d'investigació en el si d'aquestes companyies.

La línia d'investigació **Disseny i Avaluació de sistemes integrats de Banda Ampla** va iniciar la seva activitat el gener de 1988, coincidint amb la seva participació en el projecte RACE 1022 «*Technology for ATD*» (1988-1992). Es divideix en dos subgrups d'investigació: *Sistemes de Comunicacions Integrades de Banda Ampla i Computer Networking*.

Les matèries d'investigació del grup *Sistemes de Comunicacions Integrades de Banda Ampla* inclouen: Xarxes Digitals de Serveis Integrats de Banda Ampla (protocols, senyalització, operació i manteniment de la xarxa), mode de transferència asíncron, modelització del trànsit dels nous serveis (CBR i VBR), commutadors ATM, avaluació de sistemes de commutació i multiplexació ATM (arquitectura dels elements bàsics de commutació, xarxes d'interconnexió multietapa i models analítics), Control de la XDSI-BA (control d'admissions, funció de policia, prioritats, control de la variació del retard, control de congestió), xarxa d'accés (protocols d'accés al mitjà), gestió de la XDSI-BA (NRM), xarxes metropolitananes, interconnexió de xarxes d'alta velocitat, unitats d'interfuncionament (XDSI-BA/ATM, MAN, LAN, WAN) i xarxes locals ATM (topologies i protocols de control d'accés al mitjà). Actualment, la investigació se centra en les tecnologies de xarxa de nova generació (DS, MPLS, IPv6, mobilitat) i en els protocols d'accés per a xarxes sense fil. Des dels inicis, els membres del grup han participat en nombrosos projectes *CICYT* i de la Unió Europea (*RACE, AST, IST*).

El grup *Computer Networking* es va interessar, els primers anys, en la modelització analítica de les xarxes de computadors. Aquest grup va utilitzar els mètodes *Matrix Analytic*, *fluid flow* i *Benes*, i va col·laborar activament en els projectes *COST-242* i *COST-257*. En el transcurs del projecte europeu *BAF*, de *RACE*, va dissenyar un protocol *MAC* amb *QoS* per a una *APON*. També va col·laborar en els projectes europeus *EXPLOIT*, *EXPERT* i *NETPERF*, de *RACE* i *ACTS*. En aquests projectes el grup va treballar amb una de les primeres plataformes *ATM* d'Europa. Des de mitjans dels noranta, el grup s'ha centrat en la investigació de xarxes sense fil i *IP*. Actualment treballa en el projecte europeu *MOEBIUS*, en el qual es construeix una extranet *IP* mòbil sobre una xarxa *GPRS* per a aplicacions de telemedicina i negocis. El grup també ha col·laborat amb l'empresa *Nokia* en projectes com *FIPNO*, *ICOM* i *TESI*. Un altre projecte en el qual participa és *HERMES*, patrocinat pel Ministeri d'Indústria de l'Estat espanyol, on es desenvolupa un model de rendiment d'una base de dades. Els membres del grup, a més, han publicat articles a nombrosos congressos i revistes internacionals.

## Centres d'Investigació

A partir de l'any 1985, la línia *CAP* (Computació d'Altes Prestacions) va començar a tenir experiència real en el disseny de programaris de base i en la programació dels sistemes multiprocessadors, i també en el desenvolupament d'aplicacions paral·leles. Aquesta experiència inicial es va plasmar en la creació del *CEPBA* (Centre Europeu de Paral·lelisme de Barcelona) l'any 1991 (<http://www.cepba.upc.es/>). Des de llavors, el *CEPBA* ha estat el promotor dels temes relatius als supercomputadors paral·lels a Espanya. Les seves màquines les han utilitzat centenars d'investigadors, que han rebut suport tècnic a fi d'optimitzar-ne les aplicacions. També hem fet moltíssims cursos sobre temes de maquinari, programari i d'aplicacions per a supercomputadors paral·lels; en conjunt, hem impartit més de tres milions d'hores de *CPU*, que hem ofert a tots els grups de l'Estat espanyol que ens ho han demanat. L'any 1992 el *CEPBA* va sol·licitar a la Unió Europea que aquesta l'acceptés com a Gran Instal·lació en Supercomputació. La seva acceptació ha permès que, en el transcurs dels últims nou

anys, més de tres-cents investigadors europeus hagin vingut a Barcelona subvencionats pels programes de mobilitat d'investigadors i hagin pogut realitzar la seva investigació conjuntament amb equips catalans, fent servir les màquines del CEPBA.

Des del CEPBA hem impulsat la creació i transferència de la cultura dels computadors paral·lels a més de cinquanta empreses de l'Estat, i hem col·laborat en projectes europeus amb multitud d'empreses i grups d'investigació espanyols, europeus i americans. A començaments de la dècada dels noranta, el CEPBA va sol·licitar a la Comunitat Europea una acció especial per promocionar l'ús dels computadors paral·lels per desenvolupar aplicacions que milloressin la productivitat de les empreses de l'Estat espanyol. El programa es va anomenar *PACOS* (Parallel Computing for Spain), i s'hi van desenvolupar vuit projectes portats a terme per empreses de l'Estat i centres d'investigació. A causa de l'èxit de *PACOS*, la Unió Europea va assignar al CEPBA la coordinació d'una acció semblant a escala europea. El nou programa es va dir *PCI-II*, i s'hi van desenvolupar deu projectes amb empreses europees i grups i instituts d'investigació. Els diners que el CEPBA va aconseguir amb els programes *PACOS* i *PCI-II* sumen un total de 12,02 milions d'euros (2.000 milions de pessetes). Després d'aquesta experiència, el CEPBA va ser elegit com un dels centres europeus anomenats *TTN* (Technology Transfer Nodes) a fi de continuar estenent la cultura del paral·lelisme entre les empreses europees.

A conseqüència de l'altíssim nivell assolit pel CEPBA en temes de programació i de desenvolupament d'eines i entorns de programació dels supercomputadors, IBM i el CEPBA van establir, a finals del 2000, el centre CIRI (CEPBA-IBM Research Institute) a la UPC (<http://www.ciri.upc.es/>). El CIRI és un centre dedicat a la investigació en computadors paral·lels mitjançant projectes en els quals hi col·laboren els millors centres d'investigació d'IBM; també es dedica a ensenyar com s'utilitzen aquestes màquines als equips que necessiten aquesta potència de càlcul, i a la formació i transferència de tecnologia. En aquests moments, per exemple, el CIRI està col·laborant en diversos subprojectes dins del gran projecte *Blue-Gene*, que serà un supercomputador que superarà la barrera del Petaflop mitjançant l'ús d'un milió de processadors. Una de les



seves aplicacions capdavanteres serà ajudar a conèixer com és el procés de plegatge de les proteïnes.

Des del nostre Departament també hem impulsat la creació d'altres centres d'investigació, com cANet, CCABA i ESCERT.

El cANet (<http://www.upc.canet.es/>) és un centre específic d'investigació (CER) de la UPC, creat el novembre de 1997 pel Grup d'Aplicacions Telemàtiques i dedicat a la promoció i coordinació de la investigació als diferents departaments i equips de la UPC pel que fa al camp de les aplicacions avançades d'Internet. Entre aquestes investigacions hi podem trobar les relatives a sistemes de seguretat i certificació, entorns de col·laboració distribuïts, agents intel·ligents, xarxes ciutadanes, i sistemes d'*e-commerce* i *e-business*. Participen a cANet equips d'investigació del DAC, de l'LSI i del Laboratori de Càlcul de la FIB. El cANet treballa estretament amb l'es-CERT (<http://escert.upc.es/>), un centre creat pel Grup d'Aplicacions Telemàtiques del DAC, dedicat a oferir serveis a empreses i institucions en matèria de seguretat informàtica. El cANet ha participat activament en diversos projectes d'investigació europeus dins del camp de la seguretat i certificació electrònica (*DEDICA*, etc.), i també en el desenvolupament del Pla Estratègic *Catalunya en Xarxa* (<http://dursi.gencat.es/>), particularment en la concepció i realització del projecte i2CAT (<http://www.i2cat.net/>), el primer projecte d'Internet2 avançat que es fa a Espanya. Aquest projecte permet situar tant la UPC com Catalunya en el grup de projectes d'investigació avançada a Internet a escala global. Així, gràcies a aquest projecte, s'han establert col·laboracions amb altres centres del mateix departament, com és el cas del CCABA (Centre de Comunicacions Avançades de Banda Ampla) en el camp de les xarxes òptiques, i darrerament amb el CEPBA en el camp de la supercomputació distribuïda o iGRID.

Des del grup de Sistemes de Comunicacions Integrades de Banda Ampla s'ha potenciat la creació del Centre de Comunicacions Avançades de Banda Ampla (CCABA). El CCABA es va crear el gener de 1994 amb la intenció de consolidar un equip d'investigació multidisciplinari en l'àmbit de les comunicacions en banda ampla. Actualment el

CCABA està integrat pels següents grups d'investigació: els grups de Comunicacions Òptiques i de Comunicacions Ràdio, tots dos del Departament de Teoria del Senyal i Comunicacions, el grup de Comunicacions Integrades de Banda Ampla del nostre Departament i el grup d'Enginyeria Telemàtica del Departament de Telemàtica. Nombrosos projectes *ACTS* i *IST* han estat possibles gràcies a aquesta iniciativa conjunta. Els projectes que s'han realitzat, així com també les activitats dels últims anys, es poden consultar a [www.ccaba.upc.es/](http://www.ccaba.upc.es/). Actualment, els projectes més destacats són: *i2CAT* ([www.i2cat.net/](http://www.i2cat.net/) i [gigacat.ccaba.upc.es/](http://gigacat.ccaba.upc.es/)), *CARISMA*, *DAVID*, *LION* i *LONG* ([long.ccaba.upc.es/](http://long.ccaba.upc.es/)). Finalment, direm que el CCABA dóna suport tècnic a diferents assignatures distribuïdes utilitzant un entorn de treball cooperatiu, amb videoconferències d'alta qualitat.

A més dels centres descrits, que formen part de la UPC, i en els quals la major part dels diners prové dels fons estatals i europeus, el nostre Departament ha establert centres d'investigació amb empreses nord-americanes. Aquest és un fet realment singular, i molt important. A més del ja esmentat CIRI, creat amb IBM, l'any 2000 vam establir amb Compaq el centre BSSDA, on s'estan desenvolupant futurs processadors de Compaq i on hi treballen set investigadors. Intel està decidida a fer un centre d'investigació a la UPC per investigar temes referents a la microarquitectura dels computadors i al desenvolupament de tècniques de generació de codi per als futurs microprocessadors. La idea és que aquest centre pugui arribar a tenir un total de vint-i-cinc investigadors i que sigui el primer centre europeu que formi part dels laboratoris d'Intel, que reben el nom de MRL (*Microprocessor Research Labs*). De fet, com que Intel va adquirir la part de disseny de processadors de Compaq, hi haurà un centre únic d'Intel, anomenat IBRC (*Intel-Barcelona Research Center*), que aplegarà els dos grups anteriors.

## Transferència de Tecnologia

Al Departament sempre hem tingut clar que hem de fer investigació tant a llarg com a curt termini. De fet, tots dos tipus d'investigació han d'estar molt relacionats en les

nostres tecnologies. Des del començament hem col·laborat amb les empreses en projectes conjunts, i també hem fet estades als seus centres d'investigació. La intensitat i els tipus de col·laboracions han anat variant al llarg dels anys.

A començaments dels anys vuitanta vam iniciar els primers projectes amb empreses espanyoles, com Telefónica i Secoinsa, i amb empreses europees, com l'ESA (Agència Europea de l'Espai). Amb Telefónica vam desenvolupar un projecte de l'entorn del tema dels Processadors Sistòlics, i també vam començar a col·laborar-hi tot implicant-hi alumnes de l'últim curs. Alguns d'aquests alumnes, quan van acabar la carrera, van anar a treballar a Telefónica I+D. Amb Secoinsa vam portar a terme un projecte sobre les fonts del sistema operatiu UNIX, i això en un moment en què era veritablement difícil que una empresa posés un projecte així a l'abast de la Universitat. La col·laboració internacional la vam començar a fer amb l'ESA, quan vam treballar conjuntament en un projecte relacionat amb problemes de planificació en sistemes per a temps real. A la mateixa època vam desenvolupar el programari necessari per a un sistema de control remot de recollida de dades per al control de la pol·lució en diferents àrees de Barcelona.

Un fet que ha tingut una gran influència en la investigació aplicada del DAC ha estat que Espanya passés a ser membre de la Unió Europea el gener de 1986. Encara que al nostre Departament ja teníem experiència en col·laborar en projectes europeus abans d'aquesta data, el fet de pertànyer a la UE ens va obrir un gran nombre de camins en el terreny de la col·laboració. Tal com hem comentat en parlar de les línies d'investigació, en totes aquestes línies s'han dut a terme molts projectes dins de l'àmbit europeu. De fet, hem estat un dels departaments més actius pel que fa a la col·laboració dins de l'entorn europeu i, per aquest motiu, l'any 1992 vam rebre el primer premi que la Fundació Universitat-Empresa atorga al departament europeu amb més participació en projectes europeus.

## LCAC: Laboratori de Càlcul del DAC

Una de les infraestructures bàsiques per al desenvolupament de les nostres activitats de gestió, docència i investigació és el Laboratori de Càlcul del DAC (LCAC). Cal destacar que tots els membres del DAC compartim tots els recursos del Laboratori, de manera que els diferents grups d'investigació col·laboren per a l'adquisició de les màquines. Això ens permet optimitzar els usos d'aquestes màquines. D'altra banda, com que les activitats que desenvolupem i les màquines de què disposem són d'alt nivell, el LCAC sempre ha comptat amb personal tècnic excepcional que, amb la seva tasca, ens ajuda a gestionar i a millorar aquests recursos.

Al començament no disposàvem de maquinari propi, per la qual cosa utilitzàvem la màquina del LCFIB (una venerable PDP 11/65, amb set terminals de caràcters i sistema RSX/11M). La xarxa era un luxe del qual no gaudíem i, curiosament, cada nit (i també els caps de setmana) la màquina s'apagava, moment que aprofitaven alguns professors del Departament per canviar-ne els discos (que eren extraïbles) i provar altres sistemes (com l'aleshores gairebé desconegut UNIX). Com que érem experts en sistemes operatius i en el maquinari del computador, aprofitàvem la nostra experiència per fer algunes coses que ara semblarien impensables. Per exemple, no només canviàvem el microprograma del PDP per afegir noves instruccions del llenguatge màquina, sinó que també vam soldar unes portes lògiques a la CPU a fi que els usuaris avançats del PDP (que en realitat érem nosaltres), no poguessin canviar mitjançant el programari la prioritat dels processos. També «vam ser capaços» d'obtenir la contrasenya del sistema i, durant unes hores, la màquina va estar enviant missatges als usuaris amb un contingut molt més humà del que era habitual.

A mitjans de la dècada dels vuitanta vam poder adquirir les nostres pròpies màquines: un PDP 11 i un VAX amb dos processadors, que es va anar ampliant fins a arribar a ser un 8500 (de la mida d'un armari gran), i tres estacions d'edició gràfica de Rank Xerox (que alguns avui encara enyoren, ja que eren tan o més potents que els editors actuals i, a més, molt més estables).

També vam ser pioners en alguns camps, com per exemple a tenir correu electrònic (usant UUCP), encara que d'una forma una mica curiosa: tot el correu electrònic es rebia en un sol compte i, periòdicament, un professor, en Nacho, llegia els missatges i els repartia. També vam instal·lar el primer servidor de *News* de Catalunya, i vam mostrar al Conseller d'Indústria de la Generalitat, el 1995, el que arribaria a ser la navegació web a Internet.

Actualment, el Laboratori es compon de més de trenta servidors UNIX (de gairebé tots els fabricants i en màquines tan dispars com biprocessadors, quads, etc.) que funcionen les 24 hores del dia durant els 7 dies de la setmana. L'equip humà del LCAC administra aquest sistema i la xarxa informàtica (amb més de quatre-cents punts de connexió), i ofereix serveis com ara la intranet.

## PAS

L'evolució de l'estructura del PAS del departament al llarg d'aquests vint-i-cinc anys ha estat estretament lligada a l'evolució de l'estructura de la UPC.

L'any 1985 la gestió de la UPC estava totalment centralitzada en els Serveis Generals de la UPC i en els Centres Docents. Quan al claustre de la UPC es va aprovar l'estructura departamental, es va iniciar un procés de descentralització que va fer que els departaments assumissin tasques de gestió, organització, informació i assessorament. En resum, tot un conjunt de funcions vinculades a cada un dels àmbits de l'activitat universitària (docència, investigació, personal, afers econòmics, serveis, etc.)

Al Departament vam treballar, des del començament, perquè es reconegués la necessitat de comptar amb un equip de professionals que donés suport a les funcions acadèmiques que el DAC tenia assignades. La primera persona amb qui vam comptar va ser una auxiliar administrativa que durant molts anys va suportar les nostres manies i que va complir abastament amb la seva tasca. La Maria Jesús Companys, que per a nosal-

tres sempre serà «la Txus», va portar a terme una feina per la qual sempre li estarem agraïts. Més endavant vam tenir un responsable dels laboratoris docents i un responsable del laboratori de càlcul, i el 1991 la UPC va dotar la plantilla amb una nova plaça: la del cap d'administració (que en el nostre cas ha estat sempre «la cap»). Això va permetre la posada en marxa d'una estructura administrativa i de serveis amb una ferma aposta, per part del DAC, envers el creixement i la consolidació.

La situació actual de la plantilla de PAS, malgrat que no arriba al nivell, més favorable, que tenen altres universitats, podem dir que permet dur a terme (amb bones dosis de voluntarisme personal, tot s'ha de dir) els objectius que ens vam marcar. Actualment comptem amb cinc persones assignades a l'àmbit administratiu, una persona de suport als laboratoris docents i quatre persones assignades al laboratori de càlcul.

## Relacions externes

De mica en mica, els professors del DAC hem anat establint una xarxa de contactes amb les millors universitats, centres d'investigació i empreses en temes relacionats amb la nostra docència i investigació. Avui dia és força normal que els més diversos investigadors vinguin a visitar-nos, a fer conferències i a establir col·laboracions amb nosaltres. L'any passat, per exemple, ens van visitar més de vuitanta investigadors que van fer més de 50 conferències. També col·laborem amb ells en l'elaboració de molts articles. D'altra banda, estem començant a rebre professors en règim sabàtic de les millors universitats. Els nostres professors també han començat, de manera gairebé regular, a fer estades a universitats i empreses estrangeres, i els nostres alumnes de doctorat fan estades d'investigació durant els estius a les millors empreses del sector.

La realitat d'un grup tan gran i unit es manifesta en un altre tipus d'activitats, com ara l'organització de congressos. En el nostre camp, els congressos constitueixen el lloc on es publiquen els millors articles. Per aquest motiu, hi ha molta competència entre les universitats per organitzar-los. Per altra part, l'organització d'un congrés s'aconsegueix

per la qualitat del grup encarregat de fer-lo. El nostre Departament ha organitzat diversos congressos d'entre els millors de l'àrea. Alguns d'aquests són: ASAP-91 (*Application Specific Array Processors*: millor congrés dedicat a processadors de propòsit específic), PACTA-92 (*Parallel Computers and Transputers Applications*: congrés dedicat, en el moment que es va fer, als multiprocessadors, i en especial als Transputers), Euromicro-93 (aquest és el congrés europeu més antic en el tema dels microprocessadors), ICS-95 (*International Conference on Supercomputing*: millor congrés en el tema dels supercomputadors, on vam organitzar un torneig d'escacs entre el famós computador Deep-Blue d'IBM i el campió espanyol d'aleshores, el mestre internacional Miquel Illescas (va guanyar el campió espanyol), ISCA-98 (*International Symposium on Computer Architecture*: el millor en arquitectura de computadores), ASYNC-99 (*Advanced Research in Asynchronous Circuits and Systems*: el millor congrés sobre processadors asíncrons) i PACT-01 (*Parallel Architectures and Compilation Techniques*: un dels quatre millors congressos en arquitectura de computadores i compiladors). En l'àmbit dels sistemes distribuïts, el Departament ha organitzat i acollit, entre d'altres, congressos com ULPA-94 (*IFIP International Working Conference on Upper Layer Protocols, Architectures and Applications*), EDITT (*EDI Trusted Third Parties Workshop*), IS&N'99 (*Sixth International Conference on Intelligence in Services and Networks*), el congrés ITC *Specialist Seminar on Access Network and Systems*, especialitzat en teletrànsit, el taller *Multimedia Telecommunications and Applications*, els tallers associats als projectes europeus del *Computer Networking* i diverses reunions de grups de treball sobre firma electrònica CEN/ISSS i ETSI. A més, hem organitzat nombroses reunions arreu d'Espanya relacionades amb tots els temes en què treballem, com ara les Jornades de Paral·lelisme, fetes en dues ocasions, les Jornades de Teleinformàtica sobre Xarxes Digitals i Serveis Integrats, i Jornades sobre Internet.

## El futur que ens agradaria...

Hem recorregut un llarg camí i encara ens agradaria recorre'n un de més llarg. Creiem que el nivell global que hem aconseguit durant aquests anys ha estat molt superior al

que nosaltres pensàvem que podríem assolir en un ambient tècnic i empresarial com el que existia fa vint-i-cinc anys. Poques persones, entre les quals cal comptar-hi les que aleshores dirigien la Universitat, apostaven per l'Arquitectura de Computadors a la nostra UPC. Avui dia tothom admet que som un departament que es preocupa moltíssim per la docència i que ens trobem, en els nostres àmbits d'investigació, al mateix nivell que els millors del món. D'altra banda, hem creat empreses, hem col·laborat amb moltes altres i hem aconseguit atraure, mitjançant la creació de centres conjunts d'investigació, les millors multinacionals del sector. També hem ajudat a crear llocs de treball de qualitat i riquesa. Barcelona és un punt de referència clar en el tema de l'Arquitectura de Computadors. Millorar la tasca anterior és el futur que ens agradaria que fos una realitat d'aquí a uns altres vint-i-cinc anys.





# Departament d'Enginyeria de Sistemes, Automàtica i Informàtica Industrial

Alícia Casals

## Una mica d'història

L'actual Departament d'Enginyeria de Sistemes, Automàtica i Informàtica Industrial neix dels antics departaments de *Sistemes Físics* i *d'Automàtica i Sistemes Híbrids*, que comencen l'activitat a la FIB l'octubre de 1977, amb la creació de la Facultat. En el moment de la seva creació el Departament de *Sistemes Físics* compta amb tres professors, Josep Amat, director, Alícia Casals i Isabel Gallego. El primer any es posa en marxa l'assignatura Circuits Digitals, el segon s'afegeix Disseny Analògic i Híbrid, el 1979-80 es posa en marxa també Disseny de Computadors i el 1980-81 Perifèrics. Impartim, doncs, les assignatures que constitueixen els fonaments tecnològics de la Informàtica. El Departament d'*Automàtica i Sistemes Híbrids*, està format per Gabriel Ferraté, director, i Ricard Villà, impartint Sistemes i Senyals assignatura a la qual s'afegeix l'any següent Dinàmica de Sistemes. Totes les assignatures són de la titulació de segon cicle.

Ambdós departaments comparteixen un laboratori i tres despatxos a l'edifici "plàtan". El laboratori s'equipà a partir d'una dotació inicial, que va permetre adquirir material de recerca i docent. Un punt de treball per al desenvolupament electrònic, per recerca, i sis punts de treball per docència, dotats d'un oscil·loscopi, un generador de funcions i una font a cada un. Més endavant adquirim material informàtic, un equip de desenvolupament (una targeta microcomputadora) basada en la CPU 6502, i un ordi-

nador analògic l'EAI-2000. Aquest ordinador consistia en un gran rack per construir un equip modular, inicialment amb dues targetes basades en amplificadors operacionals, per implementar sistemes contenint fins a quatre integradors o sumadors. La intenció era anar-lo completant amb més targetes, per construir un ordinador més potent, però després de desenvolupar algunes aplicacions de control, aviat va quedar obsolet, a favor, naturalment, de la tecnologia digital.

És l'època dels inicis de la Informàtica, hi ha incorporació de nous professors, però sovint marxen cap a la indústria, de manera que es produeixen canvis freqüents de personal. Inicialment, part dels professors fan la recerca a l'Institut de Cibernètica, es treballa en sistemes estocàstics, regulació automàtica i control. Al Departament de Sistemes Físics comencem a treballar en lògica i aritmètica multivaluada.

L'any 1979 es comença a impartir el primer cicle, i això fa que aviat el Departament de Sistemes Físics creixi amb la incorporació de professors de física. Inicialment els alumnes cursen l'assignatura de física a l'ETSEIB, però el 1981 ja s'incorpora el primer professor a la FIB, en Miquel García Hoffman i després Antoni Giró. Amb l'evolució del Departament i la Facultat, i amb la definició de les noves àrees de coneixement sorgeix una inquietud, el nom de *Sistemes Físics* no reflecteix el perfil tecnològic que caracteritza tant la docència com la recerca pròpia d'aquest departament a la FIB, i el Departament, no sense haver de vèncer certes reticències per part de la CCD, (Consell de Caps de Departament) aconsegueix que finalment s'aprovi el canvi de nom, i a partir del 22 de març del 1980, passa a dir-se *Tecnologia de Computadors*.

Com que la Facultat va creixent, necessitem més espai i emigrem cap al nou edifici, "el bolet" a finals del 1981. El professorat dels dos departaments va augmentant poc a poc, tant en nombre com en la seva dedicació a la FIB.

Josep Amat va proposar d'iniciar una nova línia de recerca en robòtica ja que no hi havia cap altre grup a la llavors UPB que hi treballés, i podia ser un bon camp de recerca per aprofundir en arquitectures especialitzades de computadors. Així doncs, vam

començar a treballar en aquesta línia a la FIB. Al cap de poc d'estudiar sobre el tema comencem a impartir els primers cursos al CPE (Centre de Perfeccionament de l'Enginyer), l'any 1981. Per aprofundir sobre la robòtica i orientar adequadament la recerca, Josep Amat aconsegueix, l'any 1981, una beca d'estudis de la recent instaurada Generalitat de Catalunya, per anar al Japó, on després de 15 dies de visites a empreses torna entusiasmat, amb el cap ple d'idees i un petit robot de joguina, font de gran inspiració per seguir treballant. Seguim impartint cursos al CPE fins al 1985 i més endavant a l'ICT i a d'altres institucions. Aquests cursos, a més d'estimular-nos a seguir estudiant, són rebuts amb una gran acceptació tant per la novetat de la temàtica, com per la inquietud existent en el sector industrial de conèixer el que ja és preveu que serà un element rellevant en el futur, el robot. Vam ser dels pioners en aquesta àrea a l'Estat espanyol.

Després d'esforços en avançar en la recerca en robòtica sense cap nova dotació, ja que les inversions de la FIB, lògicament, es destinaven a equipar el laboratori de càlcul, es va presentar una sol·licitud d'un projecte a la CAICYT a Madrid. La sol·licitud, de la qual oficiosament sabem que estava molt ben avaluada, va ser rebutjada perquè en aquella època els telèfons i les influències eren habituals. L'argument oficial de la dene-

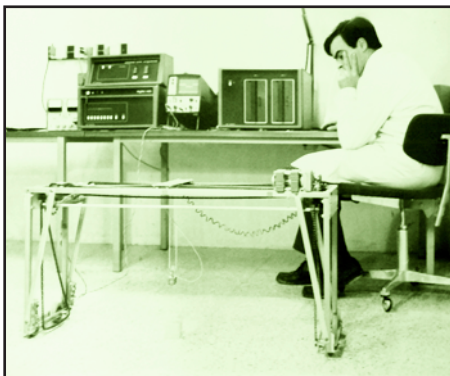


Fig. 1. El primer robot desenvolupat al departament



Fig. 2. Els primers passos en la digitalització d'imatges

gació va ser que no hi havia treballs ni experiència prèvia. Per eradicar aquest argument vam dissenyar i construir un primer robot cartesià controlat amb un microprocessador 8080, que veiem a la fig. 1, amb recursos aportats pels propis professors. Finalment, el 1984 s'aconsegueix el primer ajut a la recerca via la CAICYT.

La lògica ternària i multivaluada no prospera com s'esperava, així doncs ens decantem de ple cap a la robòtica i aquesta recerca es consolida. Però, com fer els robots més intel·ligents?. Ja es veu que caldrà dotar-los de sistemes de percepció i per això iniciem una nova línia de recerca, la visió per ordinador. La recerca en robòtica i visió per ordinador marquen ja l'activitat fonamental del grup. Ens havíem de dissenyar les targetes d'adquisició d'imatges ja que encara no n'hi havia al mercat, i per aconseguir la velocitat de resposta necessària, s'havien de dissenyar processadors especialitzats basats en arquitectures paral·leles. L'any 1981 la revista *Regulación y Mando Automático* edita un número especial sobre robòtica. Hi publiquem el primer treball sobre visió, el disseny d'un preprocessador per al tractament d'imatges, amb la nostra primera imatge digitalitzada, la que mostra la fig. 2. Treballem inicialment en la visió per al guiatge de robots i de vehicles i, poc després, també en el control de qualitat.

Però el treball no està renyit amb la gresca, i la Dolors Padrós, tant bon punt es va incorporar a la Facultat ens va animar a organitzar els primers sopars de la FIB. Des del Departament recordem quan anàvem al Piolindo a buscar croquetes i pollastres, o veníem de casa carregats de cafeteres, truites de patates, pa i tomàquets. I és que cada sopar tenia el seu concurs amb premis i tot!. Algú se'n va anar a casa amb una gallina viva després de superar el record d'alçada enfilant-se sobre una pila de manuals, 2 metres d'alçada!. Cèlebre va ser també el concurs de llançament d'alçada d'ous sense trencar-se. El rècord, 5 metres, i algun que va anar a parar "accidentalment" al cap del Rector. El concurs de piragües al llac de Torre Girona, amb naufragi inclòs, va acabar amb enamoraments i algun casori.... Eren altres temps, no teníem orquestra ni servei de catering. Érem pocs, un grup d'amics, i la Facultat va anar creixent.

L'any 1985 en un concurs de projectes de recerca convocat per Digital Equipment Corporation, DEC, l'empresa fabricant del primer ordinador que va entrar a la Facultat, el PDP-11-40, el sistema de Visió 3D desenvolupat al Departament de Tecnologia de Computadors va guanyar. La subvenció, d'un import de 80 milions de pessetes (d'aquella època!, uns 500.000 ), estava destinada a adquirir material Digital, i la Facultat es va poder dotar d'un nou ordinador. Aquest mateix any baixem tots cap el campus Sud, a l'edifici U, podem expandir-nos una mica, i a la nova seu, els departaments de TC i ASH compartim, al cap de poc, una ala de la planta baixa.

L'interès per la robòtica ens porta a organitzar una sèrie de Seminaris Internacionals, temàtics, que s'inicien el 1981 i als quals hi participen professors de gran prestigi, gràcies a la col·laboració i suport rebut del LAAS de Toulouse amb qui tenim una molt bona col·laboració. Alguns d'aquests professors són Georges Giralt (LAAS), Tomás Lozano Pérez (MIT), Antal Beckzy (JPL-NASA), Richard Paul (Purdue Univ.) entre d'altres. L'edició d'aquests Seminaris es manté fins al 1988. La recerca en robòtica es consolida i es pren la iniciativa d'editar un llibre sobre Robòtica Industrial, al qual s'incorpora "per raons polítiques" l'Institut de Cibernètica, i del qual Gabriel Ferraté n'és l'editor. Es publica el 1986. Encara avui, hi ha gent que demana "el llibre de robòtica d'en Ferraté", que està ben exhaurit.

En una reunió conjunta CSIC-NSF organitzada a Madrid l'any 1985, davant d'un grup de professors americans molt reconeguts, es presenten els treballs dels diferents grups de recerca en robòtica a Espanya i aconseguim la felicitació explícita del MIT, per haver desenvolupat el sistema de seguiment d'objectes més ràpid del món (ho va ser fins al 1994). Era més ràpid que la Connection Machine al MIT!. Comencem a participar en congressos internacionals, i la recerca en visió aviat rep un reconeixement internacional.

L'experiència adquirida tant en la participació a congressos com en les visites tècniques no es pot transmetre suficientment als altres professors. La solució, pensa Josep Amat, és que tothom visqui aquesta experiència en persona. S'ha d'organitzar un viatge

comunitari a països en què la tecnologia està més avançada. Així doncs amb els estalvis d'alguns cursos el 1984 s'organitza el primer viatge als EUA, MIT, Harvard, Purdue..., cinc professors, una "motor home" per poder fer econòmicament possible el viatge (Fig. 3). L'experiència es repeteix el 1986, costa oest, Berkeley, Stanford... i el 1987 al Japó, Tokyo University, Yamaha,... Ara ja és una experiència compartida que compta amb la implicació de l'equip de treball.



Fig. 3 Foto del grup davant l'emblemàtica estàtua del MIT el 1984

El creixement del *Departament d'Automàtica i Sistemes Híbrids* també fa que es creï un grup de recerca en sistemes de control avançat. Un dels projectes rellevants és l'encarregat per l'ESA (1985-86), per buscar trajectòries òptimes d'una sonda espacial, per a la visita al màxim nombre d'asteroides, passant al més a prop possible de tots ells. Un altre projecte en el qual es va participar, i sense anar tant lluny, ara només fins a Hawaii, va ser el disseny del sistema de control del telescopi Keck, el més gran del món, de 10 m de diàmetre, format per un conjunt de 36 segments hexagonals (Fig. 4). En aquest cas, calia controlar l'orientació de tots els segments per obtenir el millor hiperboloide del primari, compensant les perturbacions degudes a les variacions de temperatura, pressió i variació de posició.

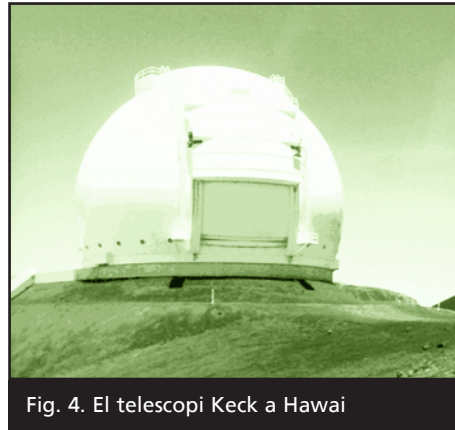


Fig. 4. El telescopi Keck a Hawaii

I el 1986 es formen els nous departaments a la UPC, que en marcaran de forma notable l'organització. *TC* ens separem dels físics, com a departament, però no pel que fa als espais, i els departaments de *TC* i *ASH*, juntament amb altres professors i departaments de diferents centres, passen a formar el Departament d'ESAI.

### Formació del departament

El 1986 es crea la nova estructura departamental a la UPC, i de la unió dels departaments *TC* i *ASH* de la FIB, juntament amb el Departament d'Automàtica de l'ETSEIB, un professor de l'ETSEIT i el Departament d'Electrònica de l'Escola Universitària Politècnica de Girona, es forma el Departament d'ESAI. Cal dir que la formació d'aquest departament, que comprèn dues àrees de coneixement complementàries, la d'Enginyeria de Sistemes i la d'Arquitectura i Tecnologia de Computadors afavoreix la recerca i consolida la formació en el camp de la informàtica industrial atès que es compagina la tecnologia amb el control. La solució ha estat bona, ja que havíem rebut missatges clars que no hi havia lloc per a la robòtica en cas de formar un Departament d'Arquitectura i Tecnologia de Computadors.

Des de la seva creació, el Departament ha entrat a formar part d'altres centres, l'any 1990 s'incorpora al Departament un professor de la FNB, el 1995 tres professors de l'EUPM, el 1992 professors d'ESAI passen a donar suport a l'EUPVG i, finalment, l'any 2000 entren a formar part d'ESAI quatre professors de l'EUETIB. En tots els casos, professors d'ESAI també han anat col·laborant en aquests centres. Excepte els grups de la FIB i l'ETSEIB, que eren grups ja ben consolidats, el col·lectiu del professorat dels diferents centres ha anat creixent de forma significativa, i el Departament d'ESAI ha passat de ser un dels petits de la UPC, amb 20 professors en el moment de la seva creació, a ser dels mitjans l'any 2001 amb 63 professors, tot i que en constituir-se la nova Universitat de Girona, l'any 1992, els professors de l'EUPG van deixar de pertànyer a ESAI.



El fet que el Departament tingui responsabilitat docent a diferents centres, i fins i tot a diferents ciutats, al marge dels problemes propis de la distància, ha afavorit una cooperació enriquidora ja que ha potenciat l'activitat de grups incipients que han crescut dins del marc d'ESAI. L'esforç que ha significat adaptar-nos a l'evolució de les diferents necessitats docents, impartint diverses assignatures a diferents centres i intercanviant experiències amb professors de les dues àrees de coneixement, el valorem molt positivament perquè permet assolir una visió més integral de la Informàtica Industrial.

La formació dels nous departaments té una altra conseqüència per a la FIB: l'octubre de 1993 marxen els físics que formaven part de l'antic departament *TC*, al Campus Nord, i ens expandim una mica. Un altre canvi es produeix el 1997, any en què es reconfiguren els espais al Departament. Quan marxa el Departament de LSI al Campus Nord, nosaltres passem a ocupar la primera planta, al mateix edifici U, deixant els nostres espais al Centre CIM. Així mateix, els laboratoris docents d'ESAI passen a l'ETSEIB, alliberant espai de l'edifici U, de manera que es poden ampliar els laboratoris de recerca i acollir els professors d'ESAI de la línia de recerca de Bioenginyeria, anteriorment ubicats a l'ETSEIB. Però el problema que encara persisteix és que els alumnes de la FIB, des que la FIB marxa al Campus Nord, han de fer contínues passejades entre els dos Campus per fer les pràctiques. Per fi, el setembre de 1999 s'inauguren els nous laboratoris d'ESAI al Campus Nord, al C5, excepte el laboratori de robòtica que es manté a l'ETSEIB, per poder compartir-lo amb els estudiants d'aquesta Escola.

## La docència

La docència d'ESAI dins la FIB suposa la continuació de la docència dels antics departaments de *Tecnologia de Computadors* i *d'Automàtica i Sistemes Híbrids*, deixant la branca de Física, que s'integra a un altre departament.

A l'antic departament de *TC*, dins la llicenciatura d'Informàtica es van anar posant en marxa, des del 1977, consecutivament, les assignatures: Física, Disseny Analògic i

Híbrid, Circuits Digitals, Equips Perifèrics i Disseny de Computadors. Aquest bloc d'assignatures conté els fonaments tecnològics de la informàtica, l'adquisició de dades i les eines i tècniques de disseny electrònic. Les assignatures previstes al pla d'estudis assignades a *ASH*, eren: Sistemes i Senyals, Dinàmica de Sistemes, Adquisició de Dades i Sistemes de Control, Anàlisi i Disseny de Sistemes Complexos, Control Òptim i Filtrat, Control Analògic i Híbrid, i Sistemes Operatius en Temps Real. No totes elles es van posar en marxa, i en canvi, davant la conveniència d'incorporar altres temàtiques innovadores, que no figuraven al pla d'estudis i que eren d'interès per a la formació dels informàtics, com la Robòtica o el Disseny VLSI, sota el nom de CAH, SOTR des del 1985 i fins al canvi de pla d'estudis el 1992, els alumnes podien cursar aquestes noves matèries.

Amb la reforma del pla d'estudis, l'any 1992, es reconfigura la docència amb un nombre més gran d'assignatures, optatives totes elles, en l'Enginyeria Informàtica i que abasten un ampli sector de coneixements en els àmbits de la tecnologia dels computadors, i en la informàtica i automàtica orientades a la producció. El primer àmbit inclou les assignatures: *Fonaments Tecnològics dels Computadors*, *Sistemes Digitals*, *Disseny de Sistemes basats en Microprocessadors*, *Perifèrics*, i *Computadors Industrials*, les dues primeres obligatòries a l'Enginyeria Tècnica de Sistemes. Mentre que en el segon àmbit s'inclouen assignatures tant de control: *Control Industrial*, *Dinàmica de Sistemes*, *Tractament Digital del Senyal*, *Control per Ordinador*, com de l'entorn de fabricació: *Robòtica*, *Control i Planificació en Robòtica*, *Fabricació Assistida per Ordinador*, *Verificació*, *Test i Manteniment*, i *Instrumentació Industrial*. La resta d'assignatures *Sistemes Tolerants a Falles*, *Tecnologia dels Equips de Transmissió* i *Perifèrics Avançats* ajuden a configurar el perfil en Informàtica Industrial.

La diversificació de l'optativitat a tota la Facultat, la manca d'uns perfils de formació ben definits i la manca d'una orientació en l'àrea pròpia del Departament, atès que no hi ha cap assignatura obligatòria, han estat, al nostre entendre, juntament amb les restriccions horàries fixades per les assignatures obligatòries, la causa que algunes d'aquestes assignatures no s'hagin arribat a obrir, i d'altres no assolissin un nombre prou significatiu i mantingut d'alumnes i amb el temps s'hagin deixat d'impartir.

Amb l'actual revisió del pla d'estudis, i ateses les limitacions de la gran atòmicitat del pla actual, és d'esperar que es pugui resoldre la dispersió, i duplicitats... actuals. D'entrada ja s'han aprovat les assignatures obligatòries, i s'estan coordinant, amb més profunditat, els continguts de les temàtiques que tenen lligams importants amb matèries pròpies d'ESAll i AC, que sens dubte beneficiaran el pla revisat i la formació dels estudiants.

## La recerca

La recerca del Departament és resultat de les diferents línies seguides pels equips de persones que l'han anat formant. Actualment hi ha quatre línies de recerca: *Bioenginyeria, Robòtica, Visió per Ordinador i Sistemes Avançats de Control*.

La recerca dels professors vinculats a la FIB se centren en la visió per ordinador, la robòtica, el control de robots i les comunicacions industrials.

Des de la formació del Departament d'ESAll, un nou pas important en la recerca en visió és el disseny i implementació d'un xip VLSI al Centre Nacional de Microelectrònica, per a l'obtenció de contorns en temps real, 1987. El treball del grup comença a tenir un cert ressò, es participa en els primers congressos, se'ns convida a alguns esdeveniments internacionals a presentar els treballs del grup i finalment se'ns confia l'organització d'un Workshop Internacional: *Sensor Devices and Systems for Robotics*, dins del programa NARW (Nato Advanced Research Workshops), que té lloc el 1987 i que ja consolida un cert reconeixement interna-

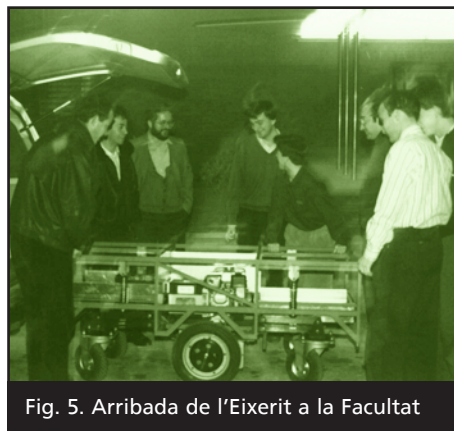


Fig. 5. Arribada de l'Eixerit a la Facultat

cional del grup. Després d'aquest esdeveniment en seguiran molts d'altres, tant en el camp de la visió, com en el de la robòtica o les tecnologies emergents de fabricació.



Fig. 6 Sopar de professors i becaris

El 1989 aconseguim participar en el primer projecte europeu, SKIDS, projecte que ens aporta una nova experiència de col·laboració directa amb altres centres estrangers i que des del punt de vista econòmic permet expandir el grup, amb la contractació de becaris i així augmentar significativament l'activitat. L'activitat no es limita a la recerca en sistemes de percepció per a robots, com l'Eixerit, el vehicle experimental, que es veu a la fig. 5 arribant a la Facultat en presència del degà, sinó que també hi ha temps per

alguns sopars als amplis corredors de l'edifici U, fig. 6. Seguim treballant amb el sistema de detecció i seguiment d'objectes i, el 1991, col·laborem amb la Carnegie Mellon University en el control d'un robot basat en el seguiment d'objectes a alta velocitat. A aquest projecte li en segueixen d'altres i aquesta vegada al MIT, on, des del 1992, en Josep Amat és professor convidat; l'any 1998 hi instal·lem un sistema de visió, d'interpretació dels gests, que entra a formar part dels sistemes de la "Intelligent Room", i seguim...

I per acabar, fem un resum del treball actual en les diferents línies de recerca.

L'activitat d'investigació que es porta a terme a la línia de *Bioenginyeria* és tant teòrica com pràctica. Els principals camps de treball són la cardiologia i la pneumologia, estudis d'activitat respiratòria i cansament muscular, anàlisis de sons respiratoris, i la detecció i anàlisis de senyals de roncs.

La línia de recerca *Robòtica* té com a objectiu l'estudi i desenvolupament de sistemes robòtics avançats. En aquest entorn, els principals temes en què es treballa al Departament són: el desenvolupament de robots específics en àmbits industrials i no industrials; el control i planificació de robots basat en sensors i sistemes de percepció i les interfícies persona-màquina per al comandament de robots en entorns especials. En aquesta línia, la recerca que es duu a terme està orientada a tres camps d'aplicació ben diferenciats: la robòtica mèdica, la robòtica submarina i la robòtica mòbil.

La línia de *Sistemes Avançats de Control* comprèn tres sublínies: Supervisió i Control, Sistemes de Control Distribuït i Sistemes de Control Intel·ligent. En la primera es treballa en diferents tècniques: control robust, control anticipatiu i control fuzzy-neural. Pel que fa als sistemes de control distribuït, es treballa en l'estudi i disseny del control per a sistemes autònoms interconnectats, amb capacitat de processat i que cooperen amb uns objectius comuns, utilitzant metodologies conjuntes de comunicacions de temps real i de control. En l'àmbit del Control Intel·ligent es treballa en tècniques de raonament qualitatiu i sistemes d'aprenentatge utilitzant xarxes neuronals, així com en disseny de controladors basats en lògica difusa.

El grup de recerca de *Visió per Ordinador* treballa en l'estudi i desenvolupament d'algorismes i en el disseny de processadors especialitzats orientats a la seva implementació en maquinari (hardware). L'objectiu de la línia de recerca és contribuir al progrés en el camp de sistemes de visió més intel·ligents. Per això es treballa en l'estudi d'algorismes i en el disseny i desenvolupament de processadors i sistemes especialitzats orientats al tractament d'imatges, per tal de facilitar la correcta interpretació d'escenes a suficient velocitat, que permeti desenvolupar aplicacions, tant en l'àmbit industrial com en el de serveis, especialment en la robòtica.

La recerca dins d'aquestes línies, s'emmarca també en altres entorns de treball. Pertanyem al CREB (Centre de Recerca en Enginyeria Biomèdica), al CERTAP (Centre de Referència en Tecnologies Avançades de la Producció) i al LEA-SICA (Laboratori Virtual en Sistemes i Control Automàtic).

## Personalitats del departament

En la història d'aquest departament hi han participat reconegudes personalitats.

En primer lloc, hem d'esmentar el nom de *Gabriel Ferraté*, que en el moment que es crea el Departament ja era rector de la UPB i que, entre altres càrrecs, ha estat Director General de Universidades e Investigación a Madrid, President de la CIRIT i actualment Rector de la UOC.

*Miquel García Hoffman*, posteriorment a la seva estada al Departament impartint primer "Física" i després "Disseny de Computadors", va passar a ser el delegat especial d'Hisenda a Catalunya.

*Antoni Giró*, després de ser degà de la FIB, va ser nomenat Director General d'Universitats, per la Generalitat de Catalunya, càrrec que ocupa actualment.

I el nostre actual rector, *Jaume Pagès*, que ja va ser anteriorment Vicerector.

I fem un petit esment a altres càrrecs de professors d'ESAll, la vicerectora, Rosa Argelaget, i dos directors de Centres, Andreu Català i Alexandre Monferrer. Sense oblidar un significatiu nombre de professors, que individualment o en grup han rebut premis, medalles o reconeixements per la seva recerca, des d'entitats externes a la UPC. No hi ha dubte que la Tecnologia dels Computadors, l'Automàtica i la Física, que n'és la base, conjuntament han participat a fer la història d'aquesta Facultat.



## Departament d'Estadística i Investigació Operativa

### Història o crònica de les relacions del DEIO amb la FIB

El Departament d'Estadística i Investigació Operativa (DEIO), creat el 1987 com a conseqüència de la Llei de Reforma Universitària (LRU), va reunir els grups dedicats a l'estadística i a la investigació operativa preexistents dins la mateixa UPC. El DEIO dona servei docent a la Facultat d'Informàtica (FIB), Facultat de Matemàtiques i Estadística (FME), Escola Tècnica Superior d'Enginyers Industrials de Barcelona (ETSEIB), Escola Tècnica Superior d'Enginyers de Terrassa (ETSEIT) i Escola Universitària Politècnica de Barcelona (EUPB). Les titulacions per a les quals imparteix docència a cadascun d'aquests centres són a la taula adjunta.

<b>Titulació</b>	<b>Centre</b>
Enginyeria Informàtica	FIB
Enginyeria Tècnica en Informàtica de Gestió	FIB
Enginyeria Tècnica en Informàtica de Sistemes	FIB
Diplomatura en Estadística	FME
Llicenciatura en Ciències i Tècniques Estadístiques	FME
Llicenciatura en Matemàtiques	FME
Enginyeria en Organització Industrial	ETSEIB / ETSEIT
Enginyeria Industrial	ETSEIB / ETSEIT
Enginyeria Química	ETSEIB
Arquitectura Tècnica	EUPB
Enginyeria Tècnica Topogràfica	EUPB



El personal acadèmic del DEIO està distribuït en tres seccions. Una d'aquestes seccions és l'anomenada Secció d'Informàtica, formada pels professors la majoria dels quals impartien docència a la FIB abans de l'existència formal del DEIO.

La vinculació del DEIO amb la FIB hi és des de l'inici dels temps, començant pel seu primer degà, Manuel Martí Recober, Catedràtic del DEIO, fins al degà i el secretari acadèmic actuals, Josep Casanovas i Ramon Nonell, professors del DEIO, sense oblidar un dels primers cap d'estudis de la FIB, Jaume Barceló (CU, DEIO) i del vicedegà de recerca, Tomàs Aluja també professor del DEIO.

## Importància de les matèries que el DEIO imparteix o ha impartit a la FIB

A l'actual pla d'estudis de l'Enginyeria Informàtica, excepte *Estadística I (ES1)* i *Estadística II (ES2)* que són obligatòries, les altres assignatures són optatives. A continuació esmentarem aquelles que darrerament s'imparteix amb regularitat:

- *Algorismes i Software Estadístic*
- *Models deterministes de la Investigació Operativa I*
- *Models estocàstics de la Investigació Operativa*, (prerequisit de l'assignatura *Disseny i Avaluació de Configuracions* del Departament d'Arquitectura de Computadors)
- *Simulació I*
- *Simulació II*

És evident que el perfil que li cal a un professional informàtic universitari ha de combinar tres característiques:

- una sòlida base científica aplicable professionalment
- amplis coneixements tècnics
- bona capacitat per a adaptar-se a l'entorn en constant evolució

D'aquestes tres característiques, l'aportació de l'Estadística i la Investigació Operativa es concentra en la primera. El valor afegit que presenten unes assignatures com les nostres és l'enriquiment de les aptituds de l'enginyer o professional informàtic per a conduir una situació problemàtica fins a la seva solució mitjançant procediments metòdics. És en aquest sentit que s'encamina l'esperit de la Computing Sciences Accreditation Board (CSAB) quan defineix la professió de l'informàtic, definició vigent des del 1986, de la qual destaquem un significatiu fragment:

A professional computer scientist must have a firm foundation in the crucial areas of the field and will most likely have an in-depth knowledge in one or more of the areas of the discipline, depending upon the person's particular area of practice. Thus, a well educated computer scientist should be able to apply the fundamental concepts and techniques of computation, algorithms, and computer design to a specific design problem. The work includes detailing of specifications, analysis of the problem, and provides a design that functions as desired, has satisfactory performance, is reliable and maintainable, and meets desired cost criteria. Clearly, the computer scientist must not only have sufficient training in the computer science areas to be able to accomplish such tasks, but must also have a firm understanding in areas of mathematics and science, as well as a broad education in liberal studies to provide a basis for understanding the societal implications of the work being performed.

Segons l'opinió d'alguns sociòlegs "la gent creu que el món ha canviat i li cal claus per a situar-se" (M. Castells). Sembla un fet acceptat que la nostra societat està canviant de paradigma i, a l'hora d'identificar el canvi de paradigma que s'està produint, comença a haver-hi consens en què aquest ve caracteritzat per tres factors: coneixement, informació i tecnologia. Recordem que aquests factors coincideixen amb les habilitats que hem enunciat que li caldrien a un enginyer informàtic. Quan hom pregunta a M. Castells sobre el tipus d'individu que necessitarà la societat, aquest afirma que les condicions que haurà de reunir són les següents: un alt nivell d'educació i una adaptabilitat personal proporcionada per una educació no tant tècnica com general, que és la que es pot reprogramar.

Peter Horner en el seu article "The best of times" (OR/MS Today, February 2000, Vol. 27, Núm.1, pp. 20-21) defineix el que interessa a les companyies com a conseqüència de la nova situació que s'està creant (el canvi de paradigma, segons la interpretació de Castells): persones versades en diferents àrees, sobretot amb capacitat de modelització, d'anàlisi estadística, de llenguatges de programació, coneixements d'empresa i habilitat per a comunicar-se. És per aquest motiu que els nostres estudiants han d'adquirir aquesta "competència quantitativa", i un nivell de formació que els permeti no tan sols trobar feina en un mercat competitiu, sinó tenir les bases per a adquirir les habilitats d'adaptació en un univers canviant.

La necessitat d'un bagatge científic acostuma a estar explícita en les propostes per a l'acreditació de contingut curricular de l'informàtic, i a les referències apareixen les disciplines d'estadística i investigació operativa en general relacionades amb l'àrea de les matemàtiques, com es pot veure al document de requeriments de la Comissió d'acreditació en Informàtica (CSAC/CSAB) del juny del 1996:

Examples of courses that would ordinarily be considered science [...] are: courses in any of the natural sciences (physics, chemistry, biology, geology, etc.), courses in the engineering sciences (mechanics, thermodynamics, electronics, materials science, etc.) and other courses that embody substantial use of quantitative methods, such as statistical methods courses and experimental psychology courses that stress experimental design and the application of quantitative methods to the interpretation of data

Al document "IS'97: Model Curriculum and Guidelines for Undergraduate Degree Programs in Information Systems" de l'ACM (Association for Computing Machinery) i d'altres organismes de caràcter similar dels Estats Units, s'indica com a prerrequisit en el programa de grau de Sistemes d'Informació: "Anàlisi quantitativa i qualitativa. Aquesta inclou temes com matemàtica discreta, introducció al càlcul, estadística i investigació operativa". I a la següent taula d'Aptituds i Coneixements esperats hi figura:

<b>Característica</b>	<b>Amb capacitat per a...</b>	<b>Utilitzant el coneixement de...</b>
Solució de problemes	Reconèixer la necessitat d'aplicar mètodes analítics	Observació i escriptura tècniques
	Imaginar preguntes per a identificar problemes	Models per a la resolució de problemes
	Aplicar els conceptes de sistemes en la definició i solució de problemes	Fases del cicle de vida Tècniques de creativitat
	Formular solucions creatives per a problemes senzills o complexes	Mètodes de recollida, resum i interpretació de dades Mètodes estadístics i matemàtics

Els criteris de l'ABET (Accreditation Board for Engineering and Technology) van en la mateixa línia: "Technical science courses must be applications-oriented with a majority having an accompanying laboratory with emphasis on measurement, data collection and analysis, documentation, and written/oral report preparation/presentation".

A l'actualitat s'està treballant en el disseny curricular d'informàtica (Computing curricula 2001. IEEE Computer Society & ACM. Versió preliminar del març del 2000). L'enfocament del document es dirigeix bàsicament a les matèries informàtiques tot i que cal destacar la presència de temes que tenen relació directa amb les matèries pròpies del DEIO. A tall d'exemple esmentarem:

- Intelligent Systems. Search and optimization methods; Knowledge representation and reasoning; Pattern recognition; Neural networks.
- Software Engineering. Software processes and metrics; Verification and validation

- Graphics, visualization and multimedia. Advanced rendering
- Algorithms and complexity. Advanced algorithmic analysis

En resum, tot i la pressió que implica la contínua aparició d'innovacions lligades a la tecnologia en el replantejament dels estudis superiors, la contribució de l'estadística i la investigació operativa als estudis d'informàtica és necessària, perquè proporciona al futur tècnic uns coneixements bàsics sòlids en temes amb informació quantitativa, i perquè enriqueix el seu perfil professional mitjançant la capacitat d'aprendre de la validació de resultats.

## Recerca del DEIO relacionada amb la FIB

El DEIO des del curs 1989/90 és responsable del programa de doctorat propi *Aplicacions i tècniques informàtiques de l'estadística, la investigació operativa i l'optimització* que té el seu origen en el programa *Aplicacions Quantitatives i Tecnològiques de la Informàtica*, desenvolupat conjuntament amb diversos dels aleshores departaments de la FIB

El programa permet a l'estudiant triar entre diverses intensificacions a través de la seva estructura en set blocs o àrees d'expertesa que cobreixen diferents aspectes de l'Estadística i la Investigació Operativa que coincideixen amb les línies de recerca del DEIO:

- Programació Matemàtica i Simulació
- Optimització Contínua
- Estadística Teòrica
- Anàlisi Multivariant de Dades
- Control de Qualitat i Disseny d'Experiments
- Sèries Temporals i Previsió
- Supervivència i Fiabilitat

El contingut del programa es troba a la Web del DEIO:

<http://www-eio.upc.es/docencia/01930.htm>, dins de l'apartat d'activitats docents.

La recerca del DEIO es veu reflectida bastant bé en les prioritats de recerca dels projectes finançats per la UE (ESPRIT, DOSIS, BRIT- EURAM, DRIVE, ...), el govern espanyol (CICYT, ATYCA, MINER) i el govern català (CIRIT), segurament per la gran vinculació del DEIO amb el sector industrial i els organismes públics.

Diversos organismes científics internacionals de la nostra àrea de coneixement, com IASC, EURO-INFORMS i EFQM, han encarregat al nostre departament l'organització de congressos i altres activitats internacionals d'alt prestigi.

Com a conseqüència de les activitats de recerca i dels esforços dels membres del DEIO per estar al dia dels avenços de la nostra àrea de coneixement, el Departament desenvolupa una forta activitat en transferència de tecnologia. Aquesta activitat es concentra en desenvolupament de software, consultoria, activitats de formació "in house", etc.

A continuació descrivim la recerca del DEIO estretament lligada amb la FIB:

- **Data Mining**

Per "data mining" s'entén tota metodologia d'extracció de coneixement a partir de dades emmagatzemades pels sistemes d'informació de les organitzacions, utilitzant tècniques d'estadística o d'intel·ligència artificial, amb l'objectiu de prendre alguna decisió. La mineria de dades és una bona metàfora per descriure allò que alguns estadístics ja estàvem fent des de feia temps amb el nom d'Anàlisi de Dades. Els problemes abordats eren:

- *Anàlisis Factorials Descriptives*. Fan una descripció visual de la informació continguda en unes dades, permeten detectar comportaments inesperats, la generació d'hipòtesis i reduir la dimensionalitat. La recerca efectuada fou introduir noves anàlisis condicionals per derivar nous factors de variabilitat que ens expliquin millor la realitat observada en les dades.
- Tècniques de "clustering". Permeten realitzar una síntesi operativa de la realitat multivariant. Els problemes que s'aborden són l'optimització del cost de l'algoris-

me, la introducció de restriccions en el procés d'agregació i el "clustering" adaptatiu.

- *Segmentació per arbres de decisió*. Els arbres de decisió són una de les tècniques més utilitzades en mineria de dades. El seu principal avantatge és la facilitat d'interpretació. Permeten obtenir de forma visual quines variables serveixen millor per explicar una certa variable de resposta. Les aportacions obtingudes foren l'optimització del cost i la definició de criteris de partició robusts per construir arbres estables.

- *Fusió de dades*. La fusió consisteix en completar la informació d'un fitxer en l'àmbit individual a partir de la informació existent en un altre fitxer independent.

#### • **Anàlisi de dades textuais**

Els mètodes estadístics per analitzar textos s'han desenvolupat plenament a partir dels anys seixanta, estimulats per les noves facilitats de càlcul que ofereixen els ordinadors. Aquests mètodes constitueixen potents eines per extreure informació de corpus textuais de gran grandària (alguns milions d'ocurrències) i s'integren en una àrea recent que, en general, s'anomena "Text-Mining".

Entre els dominis d'aplicació, es pot destacar les enquestes socioeconòmiques: les respostes a preguntes obertes constitueixen un material particularment idoni, en particular quan es complementen amb les respostes a un qüestionari tancat.

L'anàlisi estadística de textos i/o de respostes obertes requereix el disseny d'algorismes específics, pròxims en la seva concepció als algorismes utilitzats en el camp de la Recuperació d'Informació (Information Retrieval), i el disseny de software amigable que permeti la utilització d'aquesta metodologia per part d'usuaris no especialistes ni de la informàtica ni de l'estadística.

#### • **Simulació**

La Simulació ha esdevingut un dels camps més espectaculars d'aplicacions de la informàtica. Els avenços en les teories de modelització de sistemes, llenguatges per

a la modelització, especialment pel que fa a la utilització d'eines gràfiques per a la modelització interactiva i el desenvolupament paral·lel de l'hardware que fa possible la seva aplicació, han potenciat aquest desenvolupament de la simulació.

El grup de recerca en simulació del DEIO es va alinear amb aquestes tendències des del primer moment, orientant la recerca al desenvolupament de models i llenguatges, especialment al dels entorns intel·ligents de simulació, sense oblidar els aspectes aplicats de la simulació. Aquest grup ha aconseguit notables resultats, d'un apreciable impacte internacional, amb les plataformes de modelització i simulació per a processos industrials, i molt especialment per a la simulació de trànsit i transport.

El Laboratori d'Investigació Operativa i Simulació del DEIO ha participat activament des del 1988 en els Programes de R+D de la Comissió Europea, especialment a les àrees d'aplicacions de les noves tecnologies telemàtiques al trànsit i al transport. Un dels resultats més excel·lents ha estat el desenvolupament de GETRAM/AIM-SUN2, software especialitzat de simulació de trànsit que permet reproduir de forma realista les condicions de circulació en una xarxa viària, urbana o interurbana, especialment adaptat per a l'avaluació d'impactes de Sistemes intel·ligents de transport.

### • **Optimització**

La recerca en Optimització és totalment indestriable de la computació, perquè el repte de l'Optimització és l'alta dimensió dels problemes. Aquesta alta dimensió és el que permet modelitzar aplicacions reals i no hi ha límits a la pràctica perquè en molts àmbits la frontera de dimensió depèn de la precisió del model.

D'altra banda l'Optimització són algorismes i procediments numèrics eficients d'implementació, per la qual cosa la implementació exigeix un molt alt nivell de programació. No és estrany que una proporció molt alta d'un projecte de recerca en Optimització (el 70% o més) no sigui altra cosa que programació.



No es pot deixar d'esmentar un aspecte, desenvolupat fortament durant els últims deu anys, que incideix enormement en l'aplicació professional de l'Optimització. Són els actuals llenguatges de modelització que permeten a través de la seva sintaxi expressar de forma precisa problemes complexos amb estructura (sense límit de mida) i que, a més, tenen un lligam (*hook*) amb codis resolutors, amb el qual descarreguen els usuaris de moltes de les tasques que havien de fer per implementar. Això ha contribuït a popularitzar l'Optimització i és una via de desenvolupament futur.

#### • **Innovació educativa**

Al setembre de 1999, el DEIO va signar amb la UPC l'acord per impulsar la planificació estratègica, fent especial èmfasi en les activitats de millora de l'activitat docent. Amb motiu d'aquest esdeveniment es va analitzar l'assignatura ES2 utilitzant l'esmentada metodologia. Es va observar que l'entorn informàtic ofería una sèrie d'oportunitats per a l'aprenentatge d'aquesta matèria, entre les que destaca la predisposició per a l'ús de les tecnologies de la informació, la possibilitat de disposar de dades reals a baix cost, o la progressiva implantació dels requisits de control de qualitat a la comunitat professional. Les innovacions realitzades han perseguit dos objectius. A llarg termini, que l'estudiant utilitzi, i exigeixi que s'utilitzin, les eines d'inferència estadística en el seu treball professional. A curt termini, millorar el rendiment de l'esmentada assignatura. Les activitats desenvolupades es poden classificar en dues grans categories, **activitats presencials** (incloure un treball pràctic de laboratori que imiti l'ús futur de l'estadística que possiblement realitzarà un enginyer informàtic, increment dels actes presencials d'avaluació, seguiment personalitzat de l'estudiant i s'han posat en funcionament algunes experiències d'acord amb la metodologia d'aprenentatge cooperatiu) i **material docent no presencial** desenvolupat en l'entorn de les noves tecnologies (productes interactius, material docent clàssic com transparències, apunts, col·lecció de problemes, etc. i material per al seguiment de l'assignatura). Aquestes innovacions no estan subjectes a aquesta assignatura en concret sinó que poden ser generalitzades a qualsevol assignatura universitària sempre que es disposi dels recursos necessaris.

La conclusió és que, a curt termini, l'efecte en el rendiment acadèmic d'aquestes iniciatives és positiu. No obstant, és necessari destacar el paper que les noves tecnologies tenen i tindran en l'ensenyament universitari i nosaltres, com a professionals de l'estadística, tenim l'obligació d'informar la societat sobre el rendiment i el cost d'aquestes noves aplicacions.



## **La Física a la FIB**

### **1. Introducció**

A principis d'octubre del 2001 es podia llegir a la pissarra de la Secció de Física Aplicada a la Informàtica del Departament de Física i Enginyeria Nuclear la següent nota: es busca voluntari o voluntaris per fer un escrit per al llibre del 25è aniversari de la Facultat d'Informàtica de Barcelona (FIB), en què es parli de: 1) les relacions del Departament amb la Facultat, 2) la importància de les matèries que el Departament imparteix a la Facultat, 3) la justificació de l'existència del Departament quant als estudis que la Facultat ofereix i 4) la recerca. Com podeu comprovar els voluntaris es van trobar i, a més d'aquestes qüestions, ells també en plantegen d'altres més fonamentals, com per exemple, si té alguna cosa a veure la Física amb la Informàtica, o si els enginyers informàtics han d'estudiar Física o quanta Física haurien d'estudiar, que de vegades s'han debatut en algunes comissions de plans d'estudis o en juntes de Facultat.

Per respondre aquestes preguntes, en primer lloc exposarem la nostra opinió i la d'altres institucions dedicades al món de la docència de la Informàtica, sobre quin paper hauria de tenir la Física en uns estudis d'Enginyeria Informàtica. En segon lloc analit-

zarem la relació entre la Física i la Informàtica des d'un punt de vista històric. En concret veurem com la comprensió de disciplines com la Mecànica, l'Electromagnetisme, l'Electrònica, l'Òptica i la Mecànica Quàntica ha permès l'evolució de la Informàtica.

Durant aquest recorregut històric veurem com la Ciència Bàsica ha contribuït decisivament a la creació i a l'evolució de la Informàtica, ja que:

- D'una banda, les necessitats de computació de la Tècnica i de les Ciències Bàsiques, com les Matemàtiques o la Física, han anat creant la necessitat de disposar de màquines de càlcul cada cop més eficients.
- D'altra banda, han estat les pròpies Ciències Bàsiques les que han anat donant resposta a aquesta necessitat. De forma que l'Hardware dels ordinadors es fonamenta en l'aplicació de fenòmens estudiats per la Física, mentre que el Software es basa en la Matemàtica.

La conclusió, per tant, serà que l'estreta relació entre la Física i la Informàtica justifica l'existència d'un Departament de Física. A la tercera part farem una mica d'història de com es va crear el Departament, quin va ser el primer equip de professors, com ha anat evolucionant, quina Física es feia, i quina es fa, quines altres assignatures impartim, quins són els seus objectius, etc. Finalment, presentarem quines són les diferents línies de recerca de la secció de Física Aplicada a la Informàtica del Departament de Física i Enginyeria Nuclear.

## 2. La Física en uns estudis d'Informàtica

D'entre els criteris d'acreditació del currículum d'un Enginyer, l'Engineering Accreditation Commission fa especial èmfasi en l'estudi en Ciències Bàsiques dels futurs enginyers. El seu pronunciament al respecte és molt clar: el currículum de tot enginyer "ha d'incloure, com a mínim, dos semestres de Física General i dos de Química General". Es recomana, a més a més, la realització de cursos addicionals en Ciències de la Vida, de la Terra o de Física i Química avançades, segons la disciplina en

la qual es cursa l'enginyeria. Així mateix, dues associacions professionals de reconegut prestigi en la disciplina de la computació, l'Association for Computing Machinery i la Computer Society of the IEEE fan diferents propostes curriculars per als programes en "Computer Science", "Computer Engineering", "Computer Science and Engineering", entre d'altres. En tots ells, el nombre total de crèdits en Física, Química i d'altres assignatures de Ciències Bàsiques experimentals (excloses les matemàtiques) no és mai inferior al 9% (!!). Més específicament, consideren que aquests programes han d'incloure un mínim d'un any i mig en Ciència Bàsica, un dels quals ha de ser en Física. Són força interessants les seves reflexions respecte al paper formatiu de la Ciència Bàsica i no ens podem estar de reproduir literalment el següent paràgraf:

*"Science is important in computing curricula for three reasons. First, as well-educated scientists and engineers, graduates of computing programs should be able to appreciate advances in science because they have an impact on society and on the field of computing. Second, exposure to science encourages students to develop an ability to apply the scientific method in problem solving. Third, many of the applications students will encounter after graduation are found in the sciences".*

Així, doncs, als Estats Units, i a altres països desenvolupats com Alemanya o Gran Bretanya, són de l'opinió que un Enginyer Informàtic ha de tenir una formació suficientment completa en Física, i en general en Ciència Bàsica, per poder estar en condicions, d'una banda, d'estar al dia dels nous desenvolupaments i, per una altra, d'innovar. Aquest és un concepte que cal remarcar, la innovació sorgeix sovint a partir de la Ciència Bàsica. Per contra, al nostre país hem vist com en els darrers anys la Ciència Bàsica ha anat perdent protagonisme en els plans d'estudis de les diferents Escoles i Facultats de les Universitats Politècniques. Actualment, a la FIB, la Física té molt poc pes, ja que està representada per una assignatura quadrimestral obligatòria de 9 crèdits, la Física, que els alumnes cursen en el primer any de fase de selecció, i dues assignatures optatives de 4.5 crèdits, l'Ampliació de Física i els Fonaments Físics de les Noves Tecnologies Informàtiques, actualment cursades per un petit percentatge dels nostres futurs titulats.

Nosaltres som del parer que el paper de la Física als estudis d'Informàtica hauria d'ésser més rellevant, i és que creiem, d'una banda, que actualment no es dóna prou èmfasi a l'estudi dels fonaments físics dels ordinadors, i de l'altra, que hi ha poques disciplines a banda de la Física on l'alumne té la possibilitat d'assimilar la metodologia científica. De vegades es diu que els físics estudien problemes poc pràctics. Tanmateix quan es fa una ullada a la història de la Tècnica es pot veure que una aplicació sempre ha sorgit d'una troballa científica prèvia. Per tant, defensar o emprar una mentalitat massa aplicada pot ser perjudicial a la llarga.

### 3. La Física i la Informàtica a través de la història

#### **3.1. Influència de la Mecànica**

Es podria dir que la computació neix el dia en què l'home utilitza els dits per comptar els dies, les nits, les seves possessions, etc. L'evolució del sistema es va produir quan, a més, es van utilitzar altres estris com els dits de les mans d'algun company, pedres, branquillons, ossos, etc. Més tard es van emprar d'altres mitjans com, per exemple, les taules de fang que utilitzaven els comerciants de la ciutat de Sumer cap al 6000 AC. L'evolució del sistema dels dits o les pedretes és l'àbac. Aquest estri, d'origen i data d'aparició desconeguts, es va utilitzar a Babilònia, després al Món Àrab, Europa, Xina i el Japó.

Les primeres calculadores mecàniques es van construir al segle XVII. Com que la societat era bàsicament artesanal, les màquines només feien les operacions més bàsiques. Matemàtics, físics i astrònoms, van jugar un paper molt important, com a usuaris i constructors d'aquestes calculadores. Així el 1622 l'astrònom Wilhelm Schickard va construir una computadora que realitzava les operacions de suma i resta, de la qual no se n'ha conservat cap exemplar. Vint anys més tard, el matemàtic i físic Blaise Pascal va construir la *Machina Arithmetica*. La Pascalina, amb els seus engranatges i rodes, realitzava les operacions bàsiques de la suma i resta. L'any 1673, el filòsof i matemàtic Gottfried Wilhelm von Leibniz va millorar la Pascalina introduint un sistema de roda

esglaonada, que va permetre implementar les operacions de la multiplicació i la divisió. D'aquest període també és el regle de càlcul, inventat pel matemàtic i astrònom Edmund Gunter el 1620. Aquest instrument, que va ser utilitzat pels enginyers i científics de diferents generacions, va desaparèixer cap a la dècada del 1970.

Com és ben sabut, la invenció de la màquina de vapor va ésser el desencadenant de la Primera Revolució Industrial. Es va passar d'una societat artesanal a una d'industrial i els processos de producció van millorar de tal forma que, per exemple, ja es van poder construir i comercialitzar calculadores com la de Charles Xavier Thomas de Colmar (1820). Aquesta màquina, anomenada aritmòmetre o també màquina de Thomas, era una evolució de la calculadora de Leibniz. De totes formes la contribució més important de l'època és deguda al matemàtic Charles Babbage. Pels volts del 1820 Babbage portava a terme tediosos càlculs per a la Royal Astronomical Society. En aquella època les operacions es feien manualment, i com a únic ajut s'utilitzaven taules numèriques de diferents funcions matemàtiques, on sovint hi havia errates, que òbviament incidien en el resultat final dels càlculs. Babbage volia construir una computadora que generés taules matemàtiques fiables. La Difference Engine, que es basava en el mètode de les diferències finites, va ser dissenyada l'any 1822 per generar taules de funcions polinòmiques. D'aquesta màquina, però, només se'n va construir una petita part.

El primer ordinador de tipus general també va ser un invent de Babbage. Es tracta de la famosa Analytical Engine, que Babbage va començar a pensar l'any 1833. La idea va ser un avenç molt important, ja que s'hi troben els elements bàsics de qualsevol ordinador modern. Per al dispositiu d'entrada, Babbage va adaptar el sistema de targetes perforades que s'utilitzava en els telers de l'època. Curiosament, les targetes perforades es van utilitzar fins ben avançats els anys 1970. La Màquina Analítica va ser una idea avançada al seu temps, i es va haver d'esperar fins als anys 1940 perquè s'arribés a construir una màquina que tingués alguna cosa a veure amb l'original de Babbage. Mentrestant, el món de la computació va avançar en diferents fronts:



1. El de construir calculadores mecàniques que feien les operacions bàsiques, millorant la màquina de Thomas. Als voltants de l'any 1875, la tecnologia estava preparada per construir engranatges i eixos de gran precisió, i això va permetre construir màquines cada cop millors i amb més prestacions, que van ser la base de les calculadores mecàniques i elèctriques que es comercialitzaran fins als anys 1970.
2. El de les màquines que implementaven operacions lògiques.
3. El de la construcció de màquines per fer tractament de dades. Cap al 1880 la tasca de fer el cens d'una població o portar la part comercial d'una empresa era una feina feixuga que es realitzava a base de capital humà. En aquella època l'enginyer americà Herman Hollerith va dissenyar un sistema per ajudar a fer aquestes tasques, que consistia en un conjunt de targes perforades, una perforadora mecànica, una tabuladora i una classificadora.
4. El de la construcció d'ordinadors analògics, màquines que es fonamenten en lleis de la Física anàlogues a la del problema que es vol resoldre. Des del mateix inici del càlcul diferencial va haver científics que van crear diferents enginys analògics per resoldre equacions diferencials. Podríem destacar el físic William Thomson (Lord Kelvin) que l'any 1878 va construir un integrador mecànic. L'edat d'or dels ordinadors analògics la podríem situar entre el 1930 i el 1940, en què l'enginyer del Massachusetts Institute of Technology (MIT), Vannevar Bush, va construir-ne diferents models. El primer va ser l'Analitzador Diferencial, un enginy totalment mecànic, que resolva equacions diferencials de sisè ordre. El 1942 Bush va construir una màquina més potent, el Rockefeller Differential Analyzer, que es va utilitzar durant la Segona Guerra Mundial per fer càlculs balístics.

### **3.2 Influència de l'Electromagnetisme**

Els quatre tipus de màquines que hem comentat no són ordinadors en el sentit modern de la paraula. L'aparició de l'Analitzador Diferencial, que va fer que molts científics i enginyers veiessin que el progrés de la seva recerca passava per disposar de màquines

de computació, i la utilització del relé, van donar lloc a una nova generació de computadores. El relé és un interruptor electromecànic que va ser inventat cap a l'any 1835 per un dels pares de l'Electromagnetisme, el físic Joseph Henry. El relé va ser utilitzat per Samuel Morse en el seu telègraf i posteriorment en el món de la telefonia. L'època en què es va inventar era un moment de grans descobriments en el món de l'Electricitat i el Magnetisme. D'una banda es recullen els fruits dels treballs experimentals anteriors de científics de la talla de Charles Augustin Coulomb, Alessandro Volta, George Simon Ohm, Hans Christian Oersted, André Marie Ampère. De l'altra, les contribucions de Michael Faraday i del mateix Henry van permetre demostrar experimentalment la relació entre Electricitat i Magnetisme. La comprensió definitiva va arribar de la mà de James Clerk Maxwell, que, el 1860, va demostrar teòricament que les forces elèctriques i magnètiques tenien un origen comú, i que, per tant, s'havia de parlar d'Electromagnetisme. La labor de tots aquests científics va donar peu a la invenció d'enginyers tan importants per la indústria com la dinamo, la bombeta, els generadors i motors de corrent altern, o el transformador, que més endavant van propiciar una Segona Revolució Industrial. Per tant, hem de veure el relé com un dels resultats de la comprensió de l'Electromagnetisme.

L'evolució de la Informàtica entre el 1930 i el 1940 ens mostra quatre històries semblants relacionades amb l'ús del relé, que tenen un mateix guió: Un científic o un enginyer es veu en la necessitat de resoldre un problema matemàtic extremadament tediós. Com el volum de feina és molt gran, i les calculadores de l'època no li són de gran ajut, decideix construir una màquina específica per resoldre aquest problema.

1. El 1935 l'enginyer alemany Konrad Zuse treballava a la fàbrica d'avions Henschel de Berlín, dissenyant les estructures de les ales. El problema matemàtic que havia de resoldre era bàsicament el d'un sistema d'equacions lineals. Entre el 1936 i el 1945 Zuse va construir 4 computadores: la Z1 (1936-38) que era totalment mecànica, la Z2 (1938) amb unitat aritmètica que funcionava amb relés, la Z3 (1938-1941) amb una memòria de relés, i que alguns autors consideren com el primer ordinador programable de la història, i la Z4 (1941-1945).

2. Pels volts de l'any 1937, l'empresa Bell Telephone volia desenvolupar la tecnologia per fer comunicacions a llargues distàncies. Per això calia dissenyar circuits amb amplificadors i filtres. El problema matemàtic a resoldre era bàsicament d'Àlgebra de Nombres Complexos. La companyia va encarregar a un físic, George Stibitz, que ja havia construït alguns circuits bàsics que implementaven les operacions de l'Àlgebra de Boole amb relés, la construcció d'un ordinador. Aquest és el principi de la història d'un dels primers ordinadors que va funcionar amb relés: el Complex Number Calculator (CNC), que va entrar en funcionament l'any 1940.
3. Pels volts de l'any 1936 el futur pare de la Teoria de la Informació, Claude Shannon, treballava al laboratori del Vannevar Bush al MIT, desenvolupant els circuits de relés del Rockfeller Differential Analyzer. Shannon, com Stibitz, va saber relacionar l'Àlgebra de Boole amb els relés. L'any 1938 va escriure un article i la seva tesi de llicenciatura sobre com implementar circuits lògics amb relés.
4. Cap a l'any 1936 el físic Howard Aiken realitzava una tesi doctoral sobre el procés de conducció elèctrica en tubs de buit. Els càlculs que havia de realitzar, que consistien en resoldre equacions diferencials no lineals, eren molt tediosos. Aiken va tenir prou habilitat per convèncer IBM per construir una màquina orientada al càlcul científic. El famós Harvard Mark I, també conegut com l'Automatic Sequential Controlled Calculator (ASCC), es va acabar de construir el 1944. Es tractava d'una calculadora "monstruosa" de 15 m de llarg, 2.5 m d'alçada i 2 tones de pes, que tenia una unitat aritmètica que funcionava amb circuits de relés.

### **3.3. Influència de l'Electrònica de Buit**

La història del tríode ens il·lustra de nou l'estreta relació entre la Física i la Tècnica. La seva invenció està relacionada amb tres grans descobriments: el de les ones electromagnètiques, el de l'electró i el de la làmpada d'incandescència.

1. El 1873 James Clerk Maxwell va publicar la versió definitiva del treball on predeia l'existència d'ones electromagnètiques. El 1888 el físic Heinrich Hertz va compro-

var experimentalment l'existència d'aquestes ones. La primera aplicació no es va fer esperar i l'any 1896 hom veia com Guglielmo Marconi va materialitzar la primera comunicació telegràfica sense fils.

2. L'electró va ser descobert l'any 1897 pel físic Joseph J. Thomson a partir de diferents experiments realitzats amb tubs de raigs catòdics, dispositiu que constitueix una part bàsica de les pantalles de la majoria dels ordinadors actuals.
3. El 1883, l'inventor Thomas A. Edison va fer una troballa casual, que es considera l'inici de l'Electrònica de buit. Per aquella època Edison estava amoïnat perquè les seves làmpades ennegrien. Per analitzar el problema, va construir una làmpada de buit amb un filament i una placa metàl·lica, amb la qual va observar un nou fenomen conegut actualment com efecte Edison.

Podríem dir que és en la persona del físic John A. Fleming on conflueixen els tres descobriments. En efecte, el 1904, Fleming va utilitzar una bombeta que es basava en l'efecte Edison per millorar la recepció del telègraf sense fils de Marconi. Fleming va observar com la bombeta rectificava el senyal millorant de forma espectacular la recepció. Aquest invent es coneix amb el nom de díode de buit o vàlvula de Fleming. El 1906 el també físic Lee de Forest va afegir al díode de buit un tercer element, una reixa metàl·lica, amb la qual es millorava encara més la recepció. El nou giny va rebre el nom de tríode. El caràcter, a la vegada rectificador i amplificador, del tríode va fer que de seguida s'utilitzés en diferents camps com la telefonia, la ràdio, la televisió i els ordinadors. El tríode és l'antecessor del transistor i va substituir el relé en l'hardware dels ordinadors, perquè la velocitat de resposta passava de milisegons a microsegons (és a dir un factor 1000). Posteriorment, el 1919, els físics W.H. Eccles i F. W. Jordan van construir el primer circuit biestable o flip-flop amb dos tríodes. Aquest invent és el fonament dels circuits de memòria estàtica SRAM dels actuals ordinadors. Les primeres tres màquines que van utilitzar la tecnologia de tríodes són l'Atanasoff-Berry Computer (ABC), el Colossus i l'ENIAC. La motivació per construir l'ABC va ser purament científica, mentre que les altres dues màquines obeeixen a objectius bèl·lics, encara que amb l'ENIAC també es van fer càlculs de Física molt importants.

1. La història de la primera computadora digital electrònica ens mostra de nou un físic, en aquest cas John Vincent Atanasoff, que es veu en la necessitat de construir una màquina per resoldre sistemes d'equacions lineals. Entre 1937 i 1942, Atanasoff juntament amb Clifford Berry, va construir una computadora, l'ABC, que resolva sistemes de vint-i-nou equacions. Aquesta va ser la primera màquina que va utilitzar tríodes per implementar les operacions aritmètiques i de control. A més, tenia una memòria de condensadors, la càrrega dels quals es regenerava periòdicament. Les actuals memòries DRAM es basen en aquest sistema. El condensador és un invent que es remunta als inicis de la història de l'Electrostàtica. L'ampolla de Leyden, l'antecessor del condensador, inventada pels físics Ewald Georg von Kleist (1745) i Pieter van Musschenbroek de Leyden (1746), era un dispositiu per emmagatzemar càrrega.
2. La segona computadora que utilitzava la tecnologia de tríodes tampoc era un ordinador de tipus general, sinó que acomplia la tasca de desxifrar els missatges que l'exèrcit alemany generava durant la Segona Guerra Mundial, amb la mítica màquina ENIGMA. Els britànics van encarregar als matemàtics Max Newman i Alan Turing construir els Colossus I (1943) i II (1944). Ambdues màquines digitals utilitzaven més de 2000 tríodes per generar a la màxima velocitat possible una enorme quantitat de permutacions a fi de desxifrar els missatges codificats.
3. Pels volts de 1943, en plena Segona Guerra Mundial, els laboratoris balístics de l'exèrcit americà estaven saturats de feina. S'havien de generar taules de tir, i les eines de l'època que eren calculadores, analitzadors diferencials i molt material humà, no donaven l'abast. Per aquest motiu l'exèrcit va veure amb bons ulls una proposta feta pel físic John Mauchly i l'enginyer John Presper Eckert de la Moore School of Electrical Engineering de la Universitat de Pennsylvania, per construir un ordinador amb tríodes. Aquest és l'origen del primer ordinador electrònic d'ús general de la història, el mític ENIAC (Electrical Numerical Integrator and Calculator). Es va començar a construir el 1943 i va ser operatiu a finals del 1945. Es tractava d'un autèntic "monstre" de 30 m de llarg, 3 m d'alçada i 1 m de fondà-

ria que pesava 30 tones i que utilitzava 18.000 tríodes. Gràcies a la tecnologia de tríodes de la unitat aritmètica i als acumuladors, que s'havien implementat amb els circuits flip-flop d'Eccles Jordan, l'ENIAC era centenars de vegades més ràpid que qualsevol dels ordinadors de la seva època. El matemàtic John von Neumann es va mostrar entusiasmada de disposar d'un ordinador d'aquestes característiques, ja que necessitava una màquina de gran potència per realitzar els laboriosos càlculs del projecte de los Álamos. A partir de l'experiència de l'ENIAC, von Neumann va redactar el seu famós informe, "First Draft on EDVAC", on feia una descripció lògica de quina hauria d'ésser l'arquitectura dels ordinadors seqüencials.

Amb l'UNIVAC I, també construït per Mauchly i Eckert el 1951, es pot dir que comença la Primera Generació d'ordinadors (1951-1959). Aquests es basen en els postulats de von Neumann, la unitat aritmètica funcionava amb tríodes, la memòria secundària era de tambors magnètics, l'entrada i la sortida es feia amb targetes perforades i es programaven en llenguatge màquina. Entre el 1946 i el 1959, els canvis més notables en l'hardware dels ordinadors es van produir en les memòries. Així, al principi, els ordinadors només tenien memòria principal, i no va ser fins l'any 1949, amb el Manchester Mark 1, que es va introduir el concepte de memòria secundària, implementada amb tambors magnètics. Pel que fa a la memòria primària, hi havia diverses opcions: línies de retard, tubs de raigs catòdics i nuclis de ferrites.

### **3.4. Influència del Magnetisme**

Els processos d'escriptura i lectura en les memòries magnètiques es basen respectivament en la imantació d'un material ferromagnètic en presència d'un camp magnètic i la inducció magnètica. Ambdós fenòmens eren ben coneguts a finals del segle XIX. Així, l'orientació mútua entre dos imants es coneix des de temps immemorials, la interacció entre corrents elèctrics i imants la va observar per primer cop Oersted el 1819, els treballs experimentals d'inducció magnètica d'Henry i Faraday són del 1830, mentre que el comportament dels materials ferromagnètics en presència de camps magnètics havia estat estudiat per Ampère i Faraday. A finals del segle XIX es coneixien les causes de tots els fenòmens esmentats anteriorment menys el del ferromagnetisme,

que es va poder interpretar qualitativament el 1928 amb els treballs de Paul A. M. Dirac i Werner Heisenberg, en el marc de la Mecànica Quàntica.

L'origen de la tecnologia magnètica el trobem en l'inventor Valdemar Poulsen, que el 1898 va patentar un sistema per gravar i reproduir so en un fil d'acer. Després de la Segona Guerra Mundial, aquesta tecnologia, fins llavors utilitzada només en el món de l'àudio, també es va aplicar als ordinadors. Les cintes i els tambors magnètics van ser els primers dispositius de memòria magnètica que es van utilitzar. Els magnetòfons, que es van construir a Alemanya entre els anys 1930 i 1940, eren tant eficients que de seguida es va pensar en les cintes magnètiques com a dispositiu auxiliar de memòria. Els tambors magnètics es van començar a construir després de la Segona Guerra Mundial. Així, per exemple, el Manchester Mark I (1949) va ser un dels primers ordinadors en incorporar aquesta tecnologia. Els tambors van ser substituïts pels discos magnètics, que es van començar a utilitzar a finals dels anys 1950's. L'IBM 305 RAMAC (1956) va ser el primer ordinador en disposar d'una memòria secundària de discos magnètics. A mesura que la tecnologia va anar millorant, els capçals es van fer més petits, i la "mida dels bits" va anar disminuint i, per tant, la capacitat dels discos va anar augmentant. El resultat fou la invenció de dos elements indispensables en qualsevol ordinador actual: el floppy disk (1971) i el disc dur amb la unitat de lectura-escritura Winchester (1973).

Les memòries de nuclis de ferrita es van començar a utilitzar a principis dels anys 1950 i van sobreviure com a memòria principal dels ordinadors fins ben avançats els anys 1970, anys en què el gran desenvolupament de l'Electrònica d'Estad Sòlid va permetre disposar de memòries més barates, més ràpides, i menys voluminoses. La memòria de nuclis de ferrita era bastant ràpida, permetia fer un accés aleatori i, a més, no era volàtil. L'invent és de l'any 1949 i s'atribueix simultàniament al físic An Wang i a Frederick Viehe. Va ser implementada l'any 1951 en el Whirlwind construït al MIT per William Papian i Jay Forrester. Els primers ordinadors comercials que utilitzaven aquestes memòries van ser l'UNIVAC 1103 (1954), l'IBM 704 (1954) i l'IBM 705 (1955).

A partir de l'any 1992 hem vist com la capacitat dels discos durs dels ordinadors ha augmentat espectacularment. El motiu és que els nous capçals no llegeixen basant-se en la inducció d'un corrent sinó en un fenomen anomenat magnetorresistència, o variació de la resistència elèctrica amb el camp magnètic. Per tant, els nous capçals detecten variacions de resistència que són induïdes per les diferents magnetitzacions del disc. El fenomen de la magnetorresistència va ser observat per primer cop per William Thomson el 1857. Tanmateix la implementació com a dispositiu de memòria és el fruit de recerques desenvolupades a partir dels anys 1980 en el camp de la fabricació de nous materials amb estructura de capes magnètiques. La magnetorresistència és una propietat que es detecta millor que la inducció, fet que permet que la mida dels bits sigui menor, i la capacitat dels discos sigui més gran. La recerca, però, no es va aturar, i a partir de l'any 1996 hem assistit a un altre salt qualitatiu amb l'invent dels capçals de magnetorresistència colossal, que detecten millor les variacions de la resistència i que, per tant, permeten disminuir la mida dels bits, i augmentar la capacitat dels discos. El futur sembla que passa per desenvolupar capçals magnetorresistents per efecte túnel, que ens permetran disposar de discos amb més capacitat. Aquestes dues darreres tecnologies, però, només es poden explicar a partir de la Mecànica Quàntica. Pel que fa a la memòria principal, darrerament també s'estan fent recerques en nous materials per desenvolupar memòries magnètiques d'accés aleatori (MRAM).

### ***3.5. Influència de l'Electrònica d'Estat Sòlid***

Podríem dir que l'Electrònica d'Estat Sòlid neix amb el descobriment de Karl F. Braun, l'any 1874, del caràcter rectificador de la galena. Més endavant es va veure que d'altres materials semiconductors com el germani o el silici també rectificaven. Tanmateix, aquests descobriments no van generar un gran nombre d'aplicacions pràctiques ja que, d'una banda, el món dels semiconductors era un misteri, i de l'altra, perquè a partir dels anys 1910 la recepció de les ones de ràdio es va fer amb circuits de tríodes que, a més, amplificaven els senyals. S'haurà d'esperar fins a principis de la Segona Guerra Mundial per trobar-ne una aplicació pràctica. Per què un material és conductor, aïllant o semiconductor només es pot entendre des del punt de vista de la Mecànica



Quàntica. Aquesta teoria va néixer el 1900 amb el concepte de quanta introduït per Max Planck, que va ser utilitzat per Albert Einstein per explicar l'efecte fotoelèctric, el 1905. La Mecànica Quàntica ha permès explicar el comportament de l'àtom d'hidrogen (Niels Bohr, 1913), ha forçat la introducció de conceptes nous com la dualitat onapartícula (Louis de Broglie, 1924) i ha aportat les eines per a l'estudi d'àtoms polieletrònics, com per exemple, l'equació de Schrödinger (1926). El 1928, Felix Bloch va desenvolupar la teoria quàntica de la conducció elèctrica que va permetre l'any 1931 a Alan Wilson explicar la diferència entre conductors, aïllants i semiconductors.

Els semiconductors es van començar a utilitzar a principis de la Segona Guerra Mundial. El motiu fou la invenció del radar. Aquest giny va ser encara més determinant que la bomba atòmica per a què els aliats guanyessin la guerra. Mentre que els receptors dels senyals del radar basats en els tríodes s'havien mostrat ineficaços per detectar les microones del radar, els díodes de semiconductors complien perfectament aquesta funció. Per tant, durant tota la guerra es va portar a terme una intensa feina de recerca destinada a desenvolupar tècniques, d'una banda per obtenir germani i silici de gran puresa, i de l'altra, per afegir-hi impureses artificialment i de forma controlada, per construir díodes de semiconductors. Acabada la guerra es disposava de tota una tecnologia i d'uns dispositius que funcionaven, sense que les causes fossin ben conegudes. Això va animar l'empresa Bell Telephone a contractar un equip de físics perquè fessin recerca bàsica en Física de l'Estat Sòlid. El resultat fou que l'any 1948 John Bardeen, Walter Brattain i William Schokley van desenvolupar el transistor.

Els primers ordinadors que van funcionar amb transistors van néixer de la curiositat de provar els nous dispositius en els ordinadors, i es van desenvolupar en universitats o centres de recerca de grans companyies, en són exemples els dos ordinadors del Departament d'Enginyeria Elèctrica de la Universitat de Manchester construïts els anys 1953 i 1955, el TRADIC (Transistor Digitally Computer) realitzat a la Bell Telephone l'any 1955 i el TX0 desenvolupat al MIT el 1956. La Segona Generació d'ordinadors comença cap a l'any 1957, quan IBM treu al mercat la primera computadora amb transistors, l'IBM 608, i acaba l'any 1964, quan s'aconsegueix fer circuits integrats a petita escala.

L'any 1958, dos científics, Jack Kilby i Robert Noyce, que treballaven a dues empreses diferents i que es dedicaven a la producció de díodes i transistors, van tenir la mateixa idea: Per què enlloc d'utilitzar una oblia de material semiconductor per construir transistors i després fer les connexions pertinents d'un circuit amb altres elements, no es construeix directament el circuit a l'oblia? Aquest és l'origen dels circuits integrats o xips. El 1958 es va construir el primer xip que consistia en un circuit sobre germani amb una resistència, un transistor i un condensador. Aquest és el principi d'una tecnologia que no ha parat d'evolucionar i que any rere any ha anat integrant més i més elements. El moment clau es produeix l'any 1962, any en què, tot utilitzant la tecnologia metall, òxid i semiconductor (MOS), es va fabricar el primer transistor d'efecte de camp. A partir d'aquí els fets s'han anat desenvolupant a una gran velocitat. Així, l'any 1964, es va assolir un primer nivell d'integració en què es podien encabir 10 transistors en un xip, fet que donaria lloc a la Tercera Generació d'ordinadors (1964-1971). Cap a l'any 1971 es va assolir un nivell d'integració suficient com per encabir en un sol xip el nombre de components necessari per construir memòries RAM de semiconductors, que substituirien les de nuclis de ferrita. D'altra banda, aquest nivell d'integració també va permetre fabricar microprocessadors, és a dir, petits ordinadors amb unitat central de processos, memòria i controls de sortida i entrada, que donaria lloc a la Quarta Generació d'ordinadors (1971-...). Des de llavors el procés ha anat continuant i la llei que Gordon Moore va postular l'any 1965 s'ha anat confirmant any rere any. Actualment s'integren milions de transistors en un xip. Fins quan? Alguns diuen que a tot estirar potser en tenim per 20 anys. I llavors...?

### **3.6. Influència de l'Òptica**

El funcionament de dispositius com pantalles planes, discos òptics i fibres òptiques es fonamenta en alguns fenòmens de l'Òptica com la polarització, la interferència i la reflexió total interna. Aquesta última ja es coneixia abans que Willebrord Snell enunciés les lleis de la reflexió i la refracció el 1621, mentre que la polarització i la interferència es van poder interpretar a principis del segle XIX amb l'adopció del model ondulatori de la llum proposat per Thomas Young, Etienne Malus, David Brewster i Augustin Fresnel. Malgrat que aquests fenòmens es coneixen des de fa més de 150

anys, s'ha necessitat una tecnologia de gran precisió per desenvolupar els dispositius esmentats.

El procés de lectura en un disc òptic compacte (CD) es basa en el fenomen de la interferència. El CD va ser patentat l'any 1970 pel físic James T. Russell, i va ser construït en la seva versió definitiva per les multinacionals Sony i Philips l'any 1985. L'evolució ha estat el DVD que també es fonamenta en el mateix principi físic. Els discos regravables de tecnologia magnetoòptica basen el seu funcionament en el canvi de la polarització de la llum amb un camp magnètic, un fenomen descobert per Faraday l'any 1845. Si algun dia s'arriba a un límit en la tecnologia dels discos òptics, sembla que una possible alternativa serien les memòries hologràfiques. Un holograma és una imatge virtual tridimensional que utilitza el fenomen de les interferències. Les bases teòriques de l'holografia van ser establertes per Dennis Gabor l'any 1947. Tanmateix es va haver d'esperar fins a la invenció del làser per fabricar el primer holograma (1962). Les memòries hologràfiques, que encara estan en fase de desenvolupament, presenten l'avantatge que la informació es guarda en tres dimensions i, per tant, la capacitat d'informació és molt més gran.

El món de les pantalles dels ordinadors està patint un canvi molt gran, i d'aquí a pocs anys veurem com gairebé totes les pantalles dels ordinadors seran planes. En principi les tecnologies que havien de substituir la dels tubs de raigs catòdics eren dues, la de plasma i la de cristall líquid. Darrerament sembla que és aquesta última la que s'ha imposat. Concretament, les anomenades pantalles planes de cristall líquid de matriu activa es caracteritzen pel fet que a cada punt de la pantalla hi ha una cèl·lula de cristall líquid controlada per un transistor. El procés d'activació de cadascuna de les cèl·lules es fonamenta en la polarització de la llum i en la manera com varia l'estructura del cristall líquid amb un camp elèctric.

Les fibres òptiques han estat la gran revolució en el món de les comunicacions d'aquests darrers anys. El fenomen físic en què es basen, la reflexió total interna, es coneix des de fa més de 500 anys, tanmateix la seva implementació no va ser fàcil. A

principis dels anys 1950 es van començar a fer algunes proves d'enviar imatges a través de fibres òptiques, però l'aplicació en el món de les comunicacions només va ser factible a partir de la invenció del làser.

Des de fa uns 20 anys es parla d'un ordinador totalment òptic en què les portes lògiques s'implementarien amb dispositius òptics amb temps de resposta menors que els dels transistors (actualment nanosegons), on els corrents serien de fotons enlloc d'electrons. Malgrat que se n'han construït alguns prototipus, la idea encara no ha acabat de quallar per crear-ne a gran escala. Darrerament el tema s'ha revifat degut al gran desenvolupament en el camp dels anomenats cristalls fotòpics, amb els quals s'han fet transistors i díodes, que es podrien utilitzar per construir portes lògiques. Podria ser aquest el futur?

### ***3.7. Influència de la Mecànica Quàntica***

El funcionament de la major part de l'hardware dels actuals ordinadors es basa en els principis de la Mecànica Quàntica. Així veiem que l'Electrònica d'Estat Sòlid està present en el processador i en la memòria primària. El làser s'utilitza en els dispositius de lectura dels discos òptics, en les impressores làser o en els sistemes de comunicació per fibra òptica. Els dispositius optoelectrònics, com els díodes emissors de llum (LED) i els fotodetectors, estan presents en el "ratolí". Els capçals lectors dels discos durs actuals utilitzen el fenomen de la magnetorresistència colossal, que com hem dit es basa en l'efecte túnel. Sense cap mena de dubte la Mecànica Quàntica anirà incidint més i més en el futur, a mesura que el procés de miniaturització se segueixi desenvolupant, i es passi del món "micro" al "nano".

Un dels invents més importants del segle XX va ser el làser. Aquest existeix gràcies al fenomen quàntic de l'emissió estimulada de la llum suggerit per Albert Einstein el 1916. La implementació pràctica no va ser fàcil, i es va haver d'esperar fins l'any 1960 per tal que Theodore Maiman inventés el làser de robí. Els primers làsers eren massa grans i poc eficients per poder ser realment aplicables en el món de l'Electrònica. Calia inventar un làser de petites dimensions. El gran desenvolupament de l'Optoelectrònica,

des de principis dels anys 1960, amb dispositius com fotodíodes, fototransistors, fotodetectors, va provocar l'aparició del primer làser semiconductor l'any 1971.

El procés de miniaturització es troba en un moment en què estem deixant la microelectrònica, per endinsar-nos en el món de la nanoelectrònica. En aquest domini els nous dispositius es basaran en fenòmens quàntics, com per exemple l'efecte túnel. Actualment s'han construït díodes i transistors que es basen en aquest efecte. El següent pas és, doncs, la construcció de portes lògiques. Una altra alternativa en el món "nano" és la construcció de portes lògiques a partir de transistors moleculars i cables de nanotubs. Actualment molta recerca bàsica està enfocada a la materialització d'un ordinador quàntic. Encara que el futur és difícil de predir, sembla que la computació quàntica tindria aplicacions en el tractament de bases de dades i en el de la criptografia.

#### 4. Història de la Física a la FIB

La FIB va començar a impartir el primer cicle dels estudis de Llicenciatura a partir del curs 1979-80. Com en aquells moments no hi havia cap departament de Física a la FIB, es va optar per la solució provisional que els alumnes cursessin l'assignatura de Física en qualsevol altre centre de la UPC (que llavors es deia Universitat Politècnica de Barcelona). Així és que les actes d'aquell curs van ser signades pels professors Julián Fernández i José Navarro. En el curs 1980-81 l'assignatura ja va ser assignada a un departament propi de la FIB, el de Tecnologia de Computadors, de manera que la primera part de l'assignatura la van impartir de nou els professors Julián Fernández i José Navarro a l'Escola Tècnica Superior d'Enginyers Industrials de Barcelona (ETSEIB), mentre que la segona ja va ser impartida pels professors del Departament de Tecnologia de Computadors, Miquel Garcia i Vicenç Llarjo, a les aules assignades pròpiament a la FIB, que estaven al costat de Torre Girona. El següent curs, el 1981-82, la Física ja va ser impartida íntegrament per Miquel Garcia i Vicenç Llarjo. El programa de l'assignatura era el clàssic d'una Escola d'Enginyeria, amb una primera part de Mecànica,

Mecànica de Fluids i Termodinàmica, i una segona d'Electromagnetisme, Ones i Òptica. Les classes de teoria i problemes es complementaven amb unes pràctiques de laboratori que es van fer a l'ETSEIB fins al curs 1988-89.

La FIB va anar creixent, i per exemple el curs 1981-82 ja hi havia 850 alumnes matriculats, amb unes "ratios" alumnes/professor a les assignatures de primer curs de 150. Per tant, calia més professorat pel curs 1982-83, i en el cas específic de l'assignatura de Física, es necessitava un professor que fos físic al qual se li encarregaria, d'una banda, la creació i l'organització d'una secció de Física dins el Departament de Tecnologia de Computadors i, d'altra banda, la reestructuració de l'assignatura, en el sentit que tingués un caràcter més aplicat a la Informàtica. La persona elegida va ser Antoni Giró. Des del curs 1982-83 fins al 1990-91 es va anar formant el grup de professors que actualment imparteixen la Física a la FIB i que ha anat implementant aquell encàrrec inicial. És a dir: Antoni Giró, Elvira Guàrdia, Joaquim Casulleras, Quim Valls, Quim Trullàs, Gemma Sesé, Estanis Llanta, Manel Canales, Ricard V. Solé, Rossend Rey, Jordi Boronat, Domingo Garcia, Lluís Ametller i Jordi Martí. L'assignatura va anar evolucionant, de tal manera que temes que no tenien una especial incidència en la Informàtica, com la Mecànica de Fluids, la Termodinàmica o la Relativitat van ser substituïts per d'altres que sí que en tenen, com els de les Propietats Magnètiques dels Materials, l'Electrònica o les Ones Electromagnètiques. Durant aquest llarg període el grup de professors va constituir la secció de Física Aplicada a la Informàtica, de l'antic Departament de Tecnologia de Computadors fins al curs 1987-88, i des del curs 1988-89, amb la reorganització de la UPC, de l'actual Departament de Física i Enginyeria Nuclear. Durant aquest període, la secció va tenir un paper molt actiu a la FIB, ja que l'Antoni Giró va ser cap d'estudis de la Facultat el curs 1985-86 i, posteriorment, degà durant els cursos 1986-87 i 1987-88, mentre que en Quim Valls també va ser cap d'estudis en el trienni 1988-89, 1989-90 i 1990-91. Altres fets importants relacionats amb la docència van ser que a partir del curs 1989-90 es van poder impartir Pràctiques de Laboratori al laboratori del Campus Nord, i que cap al 1987, també es proposava als alumnes la realització de Pràctiques d'Ordinador. Sens dubte es tractava d'una idea molt formativa i atractiva, ja que es combinava, d'una banda, la potencialitat de la

Física per suggerir simulacions i, de l'altra, la bona predisposició dels alumnes d'una Facultat d'Informàtica a programar. Tanmateix la massificació dels primers cursos i el pas a la quadrimestralitat van fer que la idea, que inicialment es va implementar, s'anés esvaint amb el temps. Tanmateix, anys després, Quim Trullàs va publicar el llibre Física bàsica amb ordinador (1993), en què es desenvolupaven algunes d'aquelles simulacions. D'altra banda, actualment els alumnes realitzen Pràctiques d'Ordinador en algunes assignatures optatives impartides per la secció.

Amb els actuals plans d'estudi, la Física va passar a ser una assignatura quadrimestral de nou crèdits, que s'imparteix en el primer curs de la Fase de Selecció. El programa actual consta de tres grans temes Electromagnetisme, Introducció a l'Electrònica i Ones Electromagnètiques, parts de la Física amb una molt forta implicació a la Informàtica. L'any 1998 la Universitat Oberta de Catalunya va encarregar a la secció l'elaboració del llibre de Física pels seus estudis d'Informàtica. L'equip de professors format per Manel Canales, Antoni Giró, Rossend Rey, Gemma Sesé i Joaquim Trullàs va escriure una obra on es resumien els vint anys d'experiència de la docència de la Física a la FIB. El llibre Física per a estudiants d'informàtica es va publicar l'any 1998 conjuntament per EDIUOC i Edicions UPC. Des del curs 1996-97 la secció també participa en la formació dels alumnes del Quadrimestre Zero, amb una assignatura de Física de caràcter introductori.

La secció també imparteix dues assignatures optatives de 4.5 crèdits: l'Ampliació de Física i els Fonaments Físics de les Noves Tecnologies Informàtiques. La primera està orientada a la Robòtica i al Control Industrial, i s'hi introdueixen una sèrie de conceptes bàsics de la Mecànica necessaris per a la implementació de moviments d'estructures articulades. L'any 1996, Domingo Garcia i Elvira Guàrdia van publicar el llibre Elements de Mecànica Aplicada a la Robòtica, on es desenvolupen els diferents temes de l'assignatura. Els Fonaments Físics de les Noves Tecnologies Informàtiques és l'altra assignatura optativa, on s'expliquen els conceptes físics en què es basen molts dels dispositius presents en els actuals ordinadors, com els LED, els díodes làser, els fotodetectors, les nanoestructures electròniques, les memòries òptiques i magnetoòptiques, o les pantalles de cristall líquid.

A més a més de les assignatures directament relacionades amb la FIB, la secció també imparteix assignatures de lliure elecció (ALE). Des del curs 1994-95 Ricard V. Solé ha anat impartint les assignatures Introducció als Sistemes Complexos I i II. Molts dels temes tractats en aquesta assignatura es troben en el llibre publicat per Ricard V. Solé i Susanna Manrubia l'any 1995 Orden y caos en sistemas complejos, fundamentos y aplicaciones. Des de l'any 2000 Domingo Garcia imparteix l'assignatura de Cosmologia. Finalment, a partir de l'any 2002 es preveu que Lluís Ametller i Rosend Rey imparteixin una assignatura d'Introducció a la Computació Quàntica.

Alguns alumnes de la FIB que han cursat aquestes assignatures han realitzat els Projectes fi de carrera a la secció. Podríem destacar els treballs desenvolupats en el tema dels sistemes complexos i també els que s'han anat fent en el marc del laboratori virtual de Física. És a dir simulacions d'experiments físics desenvolupats en llenguatge java.

## 5. Recerca

Ja hem comentat que la Informàtica ha anat avançant, en gran mesura, empena per les necessitats de càlcul plantejades per la Física. També és veritat que el nivell d'aproximació a la realitat en els sistemes estudiats per la Física ha augmentat quan la Informàtica ha proporcionat les eines adequades. Així, en un principi, els objectes de la recerca realitzada a la nostra Secció eren sistemes molt simples. Com veurem a continuació, la complexitat dels sistemes estudiats a l'actualitat és considerable. Hi ha contribuït el fet que ha estat al nostre abast la potència de càlcul del CESCO i del CEPBA des de la seva fundació. Aquesta col·laboració també ha estat positiva per aquests centres ja que, per exemple, els ha permès testar amb problemes reals les possibilitats dels ordinadors paral·lels.

Com a característica comuna de totes les línies de recerca de la Secció de Física Aplicada a la Informàtica del DFEN podem assenyalar que totes elles fan servir la potèn-



cia dels actuals ordinadors per donar resposta a alguns dels interrogants que planteja la naturalesa respecte al seu comportament. Utilitzen la simulació per ordinador com una tercera via, complementària amb la teoria i amb l'experiment, que permet apropar-se a la realitat. Els resultats d'una simulació numèrica convenientment contrastats amb mesures experimentals, permeten validar uns plantejaments teòrics. Fins i tot pot parlar-se d'experiments per ordinador, de manera que la simulació pot arribar a substituir experiments que en el laboratori són difícils de dur a terme, que tenen un cost elevat o que impliquen la mesura de quantitats difícils d'obtenir amb poca incertesa.

La recerca que portem a terme en col·laboració amb membres de diverses universitats europees i nord-americanes inclou l'estudi del comportament d'una gran varietat de sistemes. Un percentatge important de membres de la nostra Secció centra la seva recerca en l'estudi microscòpic de l'Estat Líquid, força interessant per a fer-ne simulacions numèriques degut a les dificultats que presenta el tractament teòric del seu comportament. S'estudien líquids quàntics mitjançant mètodes de simulació de Monte Carlo Quàntic. Cal destacar l'estudi fet sobre l'Heli a temperatures properes al zero absolut, a les quals presenta fenòmens sorprenents com la superfluïdesa, només explicables a partir dels principis de la Mecànica Quàntica. També cal destacar els estudis que s'estan realitzant en el camp dels líquids moleculars com l'aigua, els alcohols de baix pes molecular o les molècules organoclorades, de gran impacte ambiental. S'analitza el comportament de tots aquests sistemes sols, en barreges binàries o amb ions en dissolució, en condicions extremes, a altes pressions o a molt baixes temperatures, així com en condicions de confinament en nanotubs de carboni. Són nombroses les reaccions químiques que tenen lloc en presència d'aquests líquids, i la seva dinàmica és també objecte de recerca. L'eina bàsica utilitzada en aquests estudis és la Dinàmica Molecular, conjuntament amb el Monte Carlo Dinàmic. Pel que fa a l'estudi de materials, molt interessants des d'un punt de vista tecnològic, s'està portant a terme l'anàlisi de propietats dinàmiques i conformacionals d'alguns polímers de cadena lineal, també mitjançant el mètode de la Dinàmica Molecular.

També és remarcable la recerca en Partícules Elementals i en Astrofísica. Pel que fa a les Partícules Elementals, s'efectuen prediccions teòriques contrastables amb els resul-

tats experimentals en el camp de les altes energies, amb estudis sobre el futur col·lisionador LHC del CERN, així com en el de mitjanes energies, amb processos d'interès al laboratori suec WASA i a l'italià DAPHNE. En el cas de l'Astrofísica, els treballs estan enfocats a obtenir una major comprensió de les darreres fases de l'evolució estel·lar. En particular, es realitzen simulacions hidrodinàmiques per tal d'estudiar cadascuna de les etapes associades a l'explosió d'estels Supernova.

Finalment, cal destacar la tasca realitzada pel que fa a l'estudi dels Sistemes Complexos, entre els que hi ha una àmplia varietat d'estructures i organitzacions, des de les connexions neuronals en el cervell fins a les xarxes de comunicacions com Internet, passant per les espècies d'un ecosistema. L'anàlisi d'aquests sistemes s'ha dut a terme mitjançant eines molt conegudes de la Física Estadística i de la teoria de sistemes no lineals, i ha revelat l'existència de propietats universals a tots ells. Potser aquests treballs permetran comprendre millor la pèrdua de diversitat actual, l'origen de les anomalies cognitives derivades de lesions cerebrals o predir els efectes dinàmics del col·lapse de parts vitals d'una xarxa d'ordinadors.

En aquests 25 anys hem passat de fer càlculs amb grans màquines que funcionaven amb targetes perforades, com l'IBM 360 que hi havia a la Universitat de Barcelona l'any 1975 o l'UNIVAC 1100 del Ministerio de Educación y Ciencia amb el qual cap al 1980 calculaven científics de tota Espanya, als actuals Pentiums. L'augment de velocitat dels ordinadors no ha parat de créixer en aquests 25 anys, i així veiem com els actuals Pentiums són  $10^4$  vegades més ràpids que l'IBM 360, on l'Antoni Giró feia córrer les primeres versions del programa de simulació de Dinàmica Molecular.

## 6. Consideracions finals

La història ens demostra que descobriments aparentment irrelevants des d'un punt de vista tecnològic han esdevingut les bases que han permès dissenyar dispositius imprescindibles en l'hardware actual. Sembla prou clar que el paper de la Física en el desen-

volupament de la Informàtica ha estat fonamental. Fins i tot un sistema de comunicació per a la reduïda comunitat de físics d'altres energies va constituir la llavor d'una de les principals eines de distribució d'informació disponibles actualment, la web. L'any 1989 Tim Berners Lee va desenvolupar al CERN el software necessari per a la seva implementació. No sabem amb certesa cap a on anirà la Informàtica del futur, però hem d'utilitzar les pistes que ens dóna el present i la nostra intuïció per fer possible que els nostres titulats en siguin protagonistes i no purament espectadors. Per tant, creiem que la presència de la Física als nostres plans d'estudis està més justificada que mai, o si voleu està justificada com sempre.

# Departament de Llenguatges i Sistemes Informàtics

Fernando Orejas

## Introducció

El Departament de Llenguatges i Sistemes Informàtics de la UPC es va crear, com tots els departaments de la UPC, l'any 1987. Es va constituir a partir del Departament de Mètodes Informàtics de l'ETSEIB i dels departaments d'Informàtica Teòrica, de Programació de Computadors i (en part) de Sistemes d'Informació de la FIB.

En aquest petit article presento la meua visió personal de la història d'aquest departament, que actualment dirigeixo. La meua narració està estrictament basada en la manera com jo vaig viure i recordo les coses. Primer, abordaré el que podríem dir la prehistòria del departament, el període previ a la seva creació. A continuació presentaré el procés que va des de l'aprovació de la LRU a la seva constitució com a departament de la UPC. Més endavant, descriuré breument l'evolució del Departament de LSI i, finalment, presentaré la situació actual.

## Els orígens

Com s'indica més amunt, el departament de LSI es creà a partir de tres departaments de la FIB, Informàtica Teòrica (IT), Programació de Computadors (PC) i Sistemes

d'Informació (SI) i del departament de Mètodes Informàtics de l'ETSEIB. A continuació, em centraré en els departaments de la FIB.

El departament d'IT, a més de responsabilitzar-se de la docència de les assignatures teòriques (autòmats, lògica, calculabilitat), també s'ocupava de la Intel·ligència Artificial. El departament de PC es responsabilitzava de la docència en totes les assignatures bàsiques de programació, incloent-hi assignatures de Llenguatges de Programació i de Compiladors, i també d'una assignatura de bases de dades. Finalment, el departament de SI impartia docència en assignatures d'aquesta temàtica, incloent-hi també una altra assignatura de bases de dades. Addicionalment, aquest departament també s'ocupava de la docència de les assignatures d'Economia i d'Organització d'Empreses.

Tots aquests departaments eren molt petits. Per exemple, l'any 1980, quan jo vaig arribar a la FIB, entre tots tres departaments hi havia 8 professors a temps complet (de fet, la dedicació de dos d'ells a la FIB era parcial). D'altra banda, d'aquests 8 professors la meitat eren doctors. En aquestes circumstàncies, es pot imaginar que l'activitat de recerca era minsa. Més minsa encara, si es considera la manca de recursos existent.

El creixement de la FIB, des de l'obertura del primer cicle i fins a la constitució del departament de LSI, generà un creixement continuat en el nombre de professors que afectà especialment el departament de PC. El curs 1986/87, quan s'inicià la constitució dels nous departaments, el departament de PC tenia ja 19 professors, a temps complet, dels 27 que sumaven els tres departaments.

## La Llei de Reforma Universitària

L'any 1983 s'aprova la Llei de Reforma Universitària (LRU). Entre les novetats que incorpora, hi ha la noció d'àrea de coneixement i la definició de tres àrees directament lligades a la informàtica: Arquitectura i Tecnologia de Computadors (ATC), Ciències de

la Computació i Intel·ligència Artificial (CCIA) i Llenguatges i Sistemes Informàtics (LSI). Si ja resulta discutible la separació del software i de l'hardware i l'arquitectura en àrees diferents (en lloc de tenir una única àrea de "computer science"), la coexistència de les àrees de CCIA i de LSI, cobrint bàsicament els mateixos temes, resulta francament estranya i difícilment explicable (llevat que s'acudeixi a explicacions "no acadèmiques"). A la FIB, majoritàriament, els professors dels departaments de software (IT, PC i la part vinculada als sistemes d'informació de SI) optarem molt majoritàriament per estar a l'àrea de LSI (la major part dels pocs que optaren per l'àrea de CCIA es van canviar a LSI al cap de poc temps). També optaren per l'àrea de LSI els professors del departament de Mètodes Informàtics de l'ETSEIB.

L'any 1985, com a desenvolupament de la LRU, apareix el decret que regula els departaments universitaris dins l'àmbit d'aquesta llei. Bàsicament, el decret preveu, com a cas normal, que els departaments estiguin vinculats a àrees de coneixement: a cada universitat, cada àrea de coneixement, amb un nombre mínim de professors, havia de donar lloc a un departament. Això no exclou d'altres possibilitats, com la de departaments que agrupin més d'una àrea o que els professors d'una àrea es trobin dividits entre dos o més departaments). En qualsevol cas, cada universitat ha de decidir com s'ha d'estructurar en departaments, tot i que els departaments "multi-àrea" han de rebre el vist i plau del Consejo de Universidades.

El decret de departaments genera un cert enrenou en tot l'àmbit universitari, que, òbviament, inclou la UPC i la FIB. En general, mentre que alguns professors veuen amb un cert desgrat o preocupació la seva integració en un departament que inclogui tots els professors de la seva àrea de coneixement, altres ho veuen com una mesura positiva. En el cas de la FIB, els professors vinculats a les àrees de coneixement no estrictament informàtiques, en general, no veuen amb bons ulls l'esperit del decret. Concretament, aquesta opinió contrària està basada en dos tipus de consideracions. D'una banda, algunes persones tenen una certa por a la possible "pèrdua d'identitat", la qual cosa s'agreujava en la mesura que la seva línia de recerca estigués vinculada quant a la temàtica a la FIB. D'altra banda, hi ha un cert temor a "l'absorció". En gene-

ral, els departaments vinculats a la FIB són joves, com la mateixa FIB, i poc consolidats, al contrari del que passava en departaments vinculats a la mateixa àrea de coneixement en centres més consolidats de la UPC. En aquest context, es considera que una fusió pot significar, de fet, passar a ocupar una posició subordinada als nous departaments. També, en alguns casos, hi pot haver persones que no vulguin estar en un departament lligat a la seva àrea de coneixement per raons personals (per exemple, enemistats personals). Com a conseqüència d'aquest estat d'opinió, algunes persones promouen la idea de la creació d'un Departament d'Informàtica que agrupi, essencialment, els professors de la FIB, amb independència de la seva àrea de coneixement.

En el cas de LSI, l'opinió més generalitzada és la que està d'acord amb l'esperit del decret. S'ha de considerar que en aquell moment ja s'havien establert diferents formes de cooperació (tant a escala individual com "institucional") entre els quatre departaments. Per exemple, en l'àmbit de recerca, hi ha professors d'un departament que treballen amb professors de l'altre (incloent-hi un projecte finançat per la CAICYT que agrupa a professors del departament de PC amb professors de Mètodes Informàtics). També, en l'àmbit docent es donen casos de col·laboració. Per exemple, l'assignatura d'Intel·ligència Artificial, depenent del departament d'IT és "traspasada" al de PC, ja que, a partir d'un cert moment, es considera que aquest departament és més adient per impartir-la. Anàlogament, l'any 1985, per iniciativa del departament de PC es crea l'assignatura de Gràfics. Però, al cap de poc temps, per les mateixes raons, la docència d'aquesta assignatura s'encarrega a professors del Departament de Mètodes Informàtics de l'ETSEIB. Tanmateix, el cas més clar que mostra la voluntat de cooperació entre els quatre departaments lligats a l'àrea de LSI és la creació del programa de doctorat de Software, del qual es nomena primer responsable a en Pere Brunet del Departament de Mètodes Informàtics de l'ETSEIB.

En qualsevol cas, finalment el Claustre General de la UPC aprova la proposta de departamentalització que fa l'equip rectoral, dirigit per en Gabriel Ferraté. Aquesta proposta està força en la línia prevista pel decret. En general, els departaments s'identifiquen amb les àrees de coneixement amb algunes excepcions. En concret, les àrees de coneixement

xement més nombroses (com Matemàtica Aplicada) donen lloc a més d'un departament. Les àrees de coneixement amb pocs professors s'integren en departaments multi-àrea. Només, alguna proposta concreta de departament (com és el cas de la divisió de l'àrea d'Arquitectura i Tecnologia de Computadors) resulta difícil d'explicar. Com a conseqüència d'això, es crea el departament de LSI.

## La consolidació

La primera tasca en la posada en marxa del nou departament consisteix en l'elaboració del seu reglament, la qual cosa es duu a terme sota la direcció d'en Fèlix Saltor. La redacció d'aquest reglament es fa sense grans tensions, si bé, en les discussions s'evidencia, de forma implícita, una certa por a què els grups associats als vells departaments puguin resultar perjudicats, d'alguna manera, per raó de la seva "immersió" en el nou. En qualsevol cas, el reglament queda aprovat sense problemes. En aquest reglament el departament de LSI s'estructura en cinc seccions lligades a les cinc àrees de recerca existents: Informàtica Gràfica, Informàtica Teòrica, Intel·ligència Artificial, Sistemes d'Informació i Programació. Si bé hi ha una certa correlació entre les noves seccions i els vells departaments, aquesta relació no és pas estricta: alguns professors que pertanyien a un determinat departament passen a formar part d'una secció "diferent".

En algun moment d'aquest procés fundacional, es discuteix el nom del departament. En concret, el nom de "Llenguatges i Sistemes Informàtics" no agrada gaire. Com el decret de departaments imposa que els departaments vinculats a una àrea de coneixement han de portar aquest nom, la discussió es restringeix a la seva traducció a l'anglès. Finalment, a falta d'una solució millor, es decideix usar el nom "Software".

La formació dins del departament s'articula al voltant de dos programes de doctorat. El programa de Software, esmentat més amunt i el d'Intel·ligència Artificial, organitzat en col·laboració amb d'altres grups de la UPC i de fora de la UPC (especialment,



l'Institut d'Intel·ligència Artificial del CSIC). Des d'aleshores, entre els dos programes s'han presentat 96 tesis doctorals.

Els següents anys, el departament, sota la direcció d'en Josep Díaz i, després, d'en Pere Brunet, va experimentar una forta expansió. En el moment de la seva creació, el departament tenia 34 professors a temps complet. Cinc anys després en tenia 73. Però, no només arribava gent nova, també en marxava. Dels 13 titulars d'universitat que tenia el departament en el moment de la seva creació, 6 n'havien marxat 5 anys més tard i dels 16 associats a temps complet que hi havia aleshores 5 ja no hi eren el 1992. Evidentment, aquest moviment de professors retardà la consolidació de LSI.

En part, l'expansió fou deguda al creixement de la seva docència a Barcelona (FIB, ETSEIB i, posteriorment, FME i EUETIB) i en part, per la progressiva assignació docent a d'altres campus de la UPC: primer a Girona, fins a la creació d'aquesta universitat, i posteriorment Vilanova, Terrassa i Manresa. En aquest sentit, cal fer esment d'una discussió que ha tingut implicacions importants per a l'actual configuració del departament. Quan començarem a rebre sol·licituds que ens encarreguéssim de la docència en Informàtica a centres de fora de Barcelona, es va discutir si havíem d'acceptar els encàrrecs o no. Hi havia una certa por a què la dispersió pogués perjudicar el departament, en el sentit que es poguessin crear grups de professors aïllats de la resta del departament, sense possibilitat d'integrar-se en les seves línies de recerca. Finalment, es considerà que si érem el "departament de software de la UPC", era la nostra obligació acceptar impartir docència, en qualsevol centre que ens ho demanés, dins del nostre àmbit temàtic. D'altra banda, també vam considerar que, per tal d'evitar la dispersió esmentada més amunt, calia reforçar la cohesió del departament, facilitant que els professors dels campus més allunyats poguessin integrar-s'hi i treballar en els grups de recerca existents. Aquest impuls a la cohesió del departament, de vegades, es va veure negativament per part dels centres implicats, que creien que anava en detriment seu.

Una altra conseqüència d'aquesta voluntat de cohesió és la decisió que es pren, l'any 1988, de voler que el departament de LSI pugui estar agrupat en un únic edifici. Un

parell d'anys més tard, la UPC donaria suport a aquesta declaració aprovant que el nostre departament s'ubiqués agrupat en un edifici "a la part sud del Campus Nord" (el que ara s'anomena edifici A0, actualment en construcció). Però, avui dia aquesta agrupació sembla ser més lluny que mai. L'any 1996 "pujaren" al Campus Nord les seccions d'Informàtica Teòrica, Intel·ligència Artificial (aquesta secció, de fet, pujà uns mesos abans), Programació i Sistemes d'Informació, a ocupar temporalment unes plantes dels mòduls C5 i C6. Amb tot, la secció d'Informàtica Gràfica va romandre a l'altre costat de la Diagonal. Ara, sembla que una part d'aquesta secció podrà començar a ocupar una petita part de la primera fase de l'A0, però la resta continuarà a l'edifici H, incrementant, de fet, la divisió del departament.

Tanmateix, aquesta voluntat de cohesió es contradiu amb els enfrontaments interns que, de tant en tant, tenim. Al departament de LSI tenim visions diferents de com ha de ser el departament, com ha de funcionar, què s'ha de prioritzar o a quin tipus de treball s'ha de donar més valor. Aquestes diferències d'opinió són conseqüència, en part, dels nostres àmbits d'especialització (més teòrics o més aplicats) i, en part, d'una visió diferent de com ha de ser la Universitat. En qualsevol cas, com ja he dit, cada cert temps, les diferències es fan explícites, mentre que en altres moments semblen estar larvades.

## El Departament d'LSI en l'actualitat

Actualment, el Departament de LSI està present a tots els campus de la UPC, amb l'excepció de Castelldefels, i imparteix docència a 7 centres. Però, com és natural, tenint en compte la nostra àrea temàtica, la FIB és el centre amb el qui té una relació més important (al voltant del 70% de la docència del departament s'imparteix a la FIB).

Com a conseqüència de la congelació de plantilles que manté la UPC des de fa 6 anys, no hi ha hagut una gran variació en el nombre dels seus membres. Actualment, al Departament de LSI hi ha 8 catedràtics, 47 titulars d'universitat, 2 catedràtics d'Escola

Universitària, 11 titulars d'Escola Universitària, 33 associats a temps complet, 21 associats a temps parcial, 7 PAS d'administració i 11 al Laboratori de Càlcul. Tenint en compte l'evolució demogràfica no sembla probable que la política de congelació de plantilles canviï.

Al departament de LSI hi ha grups de recerca molt actius, alguns amb un ampli reconeixement internacional. Per altra banda, els dos programes de doctorat es troben força consolidats, i produeixen unes 12 tesis per any. Ara, el problema que tenim és trobar estudiants de doctorat. En aquests moments, una gran part ens arriben de fora, la major part d'Amèrica Llatina.

El futur del departament no és gaire clar. La recentment aprovada LOU sembla no afavorir l'estructura departamental promoguda per la LRU. En aquest sentit, és encara una incògnita quina direcció prendrà la UPC en l'elaboració dels nous estatuts. D'altra banda, la situació actual del departament, molt diferent a la que hi havia als seus inicis, ha fet que es replantegi la seva pròpia estructura.

# Departament de Matemàtica Aplicada II

## Història del Departament

Els orígens del Departament de Matemàtica Aplicada II (MA2), i tota la seva història posterior, estan íntimament lligats als orígens i la història de la Facultat d'Informàtica de Barcelona (FIB). Com tots els departaments actuals de la UPC, MA2 va néixer com a fruit de l'aplicació de la Llei de Reforma Universitària (LRU), ara substituïda per la LOU. Des de la fundació de la FIB, ara fa vint-i-cinc anys, i fins a l'aplicació de la LRU, un grup de professors i professores va impartir les assignatures de matemàtiques de la Llicenciatura en Informàtica. Aquest grup va ser el germen de departament que tenim avui.

El grup va créixer gradualment, i de vegades molt intensament, a mesura que s'anaven desenvolupant i ampliant els estudis. En aquells temps l'estructura universitària era molt diferent de la d'ara. La ubicació, pressupost, gestió, en fi, tots els aspectes de funcionament formal del departament depenien gairebé enterament del centre docent, la FIB. No existia la figura de director del departament tal com l'entenem avui. Era més aviat un coordinador del grup. S'ha de destacar la labor realitzada en aquest sentit per en Josep Grané, que va continuar i segueix actualment com a membre rellevant de MA2. S'ha de fer esment, com a curiositat, de la presència, entre aquells professors, de l'actual rector, en Jaume Pagès.

Durant l'any 1987 es va procedir a la reestructuració dels departaments de la UPC, d'acord amb la LRU. El Departament de Matemàtiques de la FIB va quedar integrat en el nou Departament de Matemàtica Aplicada II i n'era la part més nombrosa, amb 22 professors i professores, dels quals actualment 16 continuen a MA2, i segueixen impartint docència, en major o menor mesura, a la FIB. Les altres seccions del nou departament, més petites, provenien de l'Escola d'Enginyers Industrials de Terrassa (ETSEIT) i de l'Escola d'Arquitectura del Vallès (ETSAV).

El primer director de MA2, coincidint amb l'etapa de transició, va ser en Josep Grané. Posteriorment han ocupat aquest càrrec en Joan Trias, en Miquel Noguera, en Joan Carles Lario i l'actual director en Marc Noy. Durant tot aquest temps, s'han creat nous estudis als quals el nostre departament imparteix docència. L'Enginyeria en Informàtica d'ara és filla de l'antiga Llicenciatura en Informàtica. La Diplomatura d'Informàtica es va transformar en les actuals Enginyeries Tècniques en Informàtica. La FIB va crear també, el 1990, la Diplomatura d'Estadística, que va passar més tard a dependre de la Facultat de Matemàtiques i Estadística (FME), creada el 1992. La creació de la FME va significar per a MA2 un fort increment de docència. Esmentem també la incorporació al nostre departament de la secció de la Facultat de Nàutica de Barcelona (1989). El nombre de membres de MA2 actualment és de 57 professors i professores, dels quals 34 imparteixen regularment docència a la FIB.

La ubicació física de MA2 (secció FIB) i de les aules que es feien servir per fer les classes té una història complicada i variada. Els professors tenien inicialment els seus despatxos (de l'ordre d'un despatx per a quatre professors) a l'anomenat "bolet" de Torre Girona; més tard, al dit "palafit", que ja no existeix; després a la zona del bar de l'edifici U, ja al Campus Sud, simultàniament amb un despatx a Torre Girona. Actualment MA2 ocupa una part, realment petita pel nombre de professors, de l'edifici U, seu de la FME. La ubicació futura és, segons la previsió d'avui, l'edifici A0 del Campus Nord, en aquests moments en construcció. Les classes s'han impartit durant tot aquest temps en una gran varietat de llocs, alguns d'ells inversemblants: a Torre Girona, l'edifici dit el "teatre" (o "plàtan"), a l'"Aula Capella", al "bolet", a uns barracots que pertan-

yien a l'Escola d'Enginyers de Telecomunicacions, a la planta 9 de l'ETSEIT, a "l'aula Coderch" de l'Escola d'Arquitectura, a uns barracots d'aquesta mateixa Escola, a l'edifici U simultàniament amb la planta 9 de l'ETSEIT i, finalment, als aularis del Campus Nord. Com a curiositat, hi va haver un temps en què els exàmens es feien als llargs passadissos de l'edifici U.

L'evolució del tipus de docència i continguts de les assignatures que MA2 ha impartit a la FIB ha estat molt important. Al principi s'impartien les assignatures clàssiques de qualsevol Enginyeria. Pràcticament no hi havia diferència entre les matemàtiques que hom ensenyava als futurs informàtics i les que aprenien els futurs enginyers industrials, de telecomunicacions, o fins i tot arquitectes. Malgrat això, de mica en mica els continguts es van fer més específics i adequats a la formació informàtica, incloent-hi pràctiques amb ordinador, i es van crear assignatures noves en aquesta mateixa línia, com ara la Matemàtica Discreta, obligatòria, les optatives: Teoria de la Informació i la Codificació, Criptografia, Geometria Computacional, Ampliació d'Anàlisi Matemàtica, Anàlisi Numèrica Lineal, i la de lliure elecció Disseny de Corbes i Superfícies, a més de dues assignatures del Quadrimestre Zero, creat el 1996.

La revisió del Pla d'Estudis de la FIB, actualment en curs, és el nostre proper repte docent.

## Informàtica i matemàtiques

No fa gaire anys, l'Association for Computing Machinery (ACM) i l'Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) van formar un comitè conjunt amb l'objectiu de definir de forma precisa el camp de treball de la informàtica. Les conclusions del comitè es van publicar el 1989 (ACM Task Force on the Core of Computer Science, Computing as a discipline. Commun. ACM, 32(1):9-23, 1989). A l'informe, la informàtica apareix definida així: "*The discipline of computing is the systematic study of algorithmic processes that describe and transform information: their theory, analysis, design, efficiency, implementation, and application. The fundamental question underlying all computing is 'What can be (efficiently) automated?'*".

Més endavant, l'informe presenta una estructuració d'aquesta ciència en nou subàrees: Algoritmes i estructures de dades, llenguatges de programació, arquitectura, computació numèrica i simbòlica, sistemes operatius, metodologia i enginyeria del software, bases de dades i sistemes d'informació.

Tan important com els continguts és la caracterització de la informàtica mitjançant els seus paradigmes o esquemes de raonament. L'informe els classifica en tres grans grups: teoria, abstracció i disseny.

Teoria:

Caracteritzar els objectes d'estudi (definició).

Formular hipòtesis sobre les seves possibles interrelacions (teorema).

Determinar si les relacions són certes (demostració).

Interpretar els resultats.

Abstracció:

Formular una hipòtesi.

Construir un model i fer una predicció.

Dissenyar un experiment i recollir dades.

Analitzar els resultats.

Disseny:

Establir requeriments.

Establir especificacions.

Dissenyar i implementar el sistema.

Provar el sistema

Cap matemàtic no pot deixar de notar fins a quin punt aquesta descripció dels seus mètodes vincula la informàtica amb la matemàtica.

Al seu conegut llibre, Alexandrov et al. caracteritzen les matemàtiques pels elements següents:

Abstracció, que tracta fonamentalment de les relacions quantitatives i formes espacials, i apareix en una successió de graus d'abstracció creixent.

Precisió i rigor lògic. Irrefutabilitat de les conclusions.

Excepcional amplitud de les seves aplicacions.

(Alexandrov, Kolmogorov i Laurentiev. La matemática: su contenido, métodos y significado. Alianza Ed., 1973). Tanmateix, no sembla que cap d'aquestes tres característiques permeti distingir les matemàtiques de la informàtica.

Per donar resposta a aquesta confusió aparent entre matemàtica i informàtica, destaca D. Knuth, el qual ha dedicat diversos articles (com és habitual en ell, peces d'un interès i una amenitat sorprenents) a estudiar la relació entre informàtica i matemàtica, entre el pensament algorísmic i el pensament matemàtic: *"Is there an essential difference between an algorithmic viewpoint and the traditional mathematical world-view? Do most mathematicians have an essential different thinking process from that of most computer scientists?"* (D. Knuth, Algorithmic Thinking and Mathematical Thinking. Amer. Math. Monthly, 92:170-181, 1985). Segons Knuth, *"Like mathematics, computer science will be a subject which is considered basic to general education. Like mathematics and other sciences, computer science will continue to be vaguely divided into two areas, which might be called "theoretical" and "applied". Like mathematics, computer science will be somewhat different from the other sciences, in that it deals with man-made laws which can be proved, instead of natural laws which are never known with certainty. Thus, the two subjects will be like each other in many ways. The difference is in the subject matter and the approach - mathematics dealing more or less with theorems, infinite processes, static relationships, and computer science dealing more or less with algorithms, finitary constructions, dynamic relationships"* (D. Knuth, Computer Science and its Relation to Mathematics. Amer. Math. Monthly, 81:323-343, 1974). Molt semblantment s'expressa el comitè conjunt d'ACM i IEEE: *"Mathematics provides a framework for dealing precisely with notions of 'what is'. Computation provides a framework for dealing precisely with notions of 'how to' "*.

Així, doncs, molts dels models de raonament que hem destacat són comuns a les matemàtiques i a la informàtica. Tanmateix, hi ha alguna excepció notable. Un exem-



ple clar és l'ús de l'infinit. Els espais de dimensió infinita semblen tenir poc interès per als informàtics, mentre que les matemàtiques els han aplicat de moltes maneres. D'altra banda, no es pot dir que, fins a l'aparició de la informàtica, els matemàtics hagin mostrat gaire preocupació per coses com la complexitat o el cost de les seves operacions, qüestions que són d'importància vital per als informàtics.

Si anem una mica més enllà, i analitzem no tan sols els mètodes d'una ciència i altra, sinó també els seus continguts, tot buscant-ne les semblances i les característiques diferenciadores, trobarem que, també en aquest aspecte, matemàtiques i informàtica es troben estretament interrelacionades.

Comencem analitzant la influència de les matemàtiques a la informàtica. Aquesta influència s'inicia, sens dubte, amb el fet mateix del naixement de la informàtica, que sorgeix principalment a partir de les matemàtiques, tot i que amb una influència molt considerable de l'enginyeria elèctrica o electrònica. Les matemàtiques juguen un paper essencial a totes les àrees de la informàtica que s'han anat desenvolupant des del seu estat inicial de tècnica fins a esdevenir el que avui considerem ja com una ciència. Gairebé totes les branques de les matemàtiques han jugat un paper influent en el desenvolupament d'un aspecte o altre de la informàtica. Com a exemple, podem considerar l'anàlisi d'algorismes, que fa ús de la inducció matemàtica, la probabilitat discreta, la manipulació de sèries numèriques i certes dosis de combinatòria bàsica; o la verificació d'algorismes, que fa servir la lògica proposicional; per no parlar de temes tan bàsics i inherents a la informàtica com els sistemes de numeració, particularment el binari, i els algorismes per a dur a terme les operacions aritmètiques bàsiques.

Recíprocament, el desenvolupament de la informàtica ha anat afectant les matemàtiques de diverses maneres. La més òbvia prové de les possibilitats de càlcul dels ordinadors, que ha estat emprada en la recerca matemàtica allà on els càlculs manuals eren massa costosos, tant per a confirmar com per destruir conjectures. D'altra banda, totes les branques de les matemàtiques viuen avui l'esclat de les demostracions constructives: proves d'existència són substituïdes per algorismes que construeixen objectes matemàtics, donant a les teories nous impulsos molt interessants. Tanmateix, el

més interessant és el fet que l'estudi dels algoritmes ha obert nous fronts, carregats de problemes oberts, dins les matemàtiques. L'explosió de la recerca dins l'àrea que avui anomenem matemàtica discreta n'és una bona prova. Així ho expressa Knuth: *"it provides a breath of life for many areas of interesting new mathematics which had been suffering from a lack on new ideas"* (D. Knuth, Computer Science and its Relation to Mathematics. Amer. Math. Monthly, 81:323-343, 1974). Un altre respectat matemàtic, A. Ralston, coincideix amb aquesta opinió: *"[...] the growth of computers and computer science will surely not end untill computers are ubiquitous in all branches of science and technology and, more generally, in society broadly. One certain result of this is that computer science will become the largest, perhaps by far the largest, source of problems for mathematics and mathematicians"* (A. Ralston, Computer Science, Mathematics, and the Undergraduate Curricula in Both. Amer. Math. Monthly, 88(7):472-485, 1981).

## Recerca al Departament

Des del Departament es coordinen les línies de recerca següents (entre parèntesi figuren els responsables): Àlgebra Aplicada (Josep Grané), Anàlisi Aplicada (Ramon Quintanilla), Geometria Algebraica (Sebastià Xambó), Geometria Computacional (Ferran Hurtado), Lògica Matemàtica (Rafael Farré), Matemàtica Discreta (Marc Noy), Raonament Qualitatiu (Mònica Sánchez), Sistemes Dinàmics I (Miquel Noguera), Teoria de Jocs (Francesc Carreres), Teoria de Nombres (Jordi Quer). A continuació es descriuen breument aquelles que tenen una major connexió amb la FIB i se'n destaquen els aspectes més relacionats amb la informàtica.

**Anàlisi Matemàtica.** Aquesta línia de recerca, iniciada fa més de 20 anys a la UAB i que actualment té membres en diverses universitats catalanes, estudia diferents problemes relacionats amb les equacions en derivades parcials i la seva aplicació en problemes de modelització matemàtica. A l'actualitat, els membres d'aquesta línia de recerca assignats al Departament de Matemàtica Aplicada II treballen en l'estudi d'e-

quacions en derivades parcials, on el domini és una xarxa, i en donar suport matemàtic a la construcció d'una passarel·la mòbil per part de professors de l'ETSAB i el CSIC. En aquest últim cas, la utilització de software matemàtic avançat està essent molt útil per a la modelització del problema.

**Geometria Computacional.** Aquesta disciplina té la informàtica i la matemàtica com a components intrínsecs inseparables, ja que es dedica a l'estudi dels problemes geomètrics des del punt de vista de la computació, i molt particularment al disseny i anàlisi d'algorismes geomètrics eficients. Els temes específics que centren la recerca del Grup són: Visibilitat, Grafs geomètrics, Morfologia, Complexitat combinatòria, Triangulacions i Software geomètric. També hi ha una sublínia en Àlgebra Computacional, dedicada a l'estudi de sistemes d'equacions polinòmiques en diverses variables. La línia manté col·laboracions amb els grups de Combinatòria i Teoria de Grafs, Algorísmica i Complexitat, Informàtica Gràfica, Robòtica i Matemàtica Discreta. En els darrers anys ha establert acords de col·laboració amb diversos centres europeus i americans, i ha organitzat -i està organitzant- nombroses reunions i congressos, entre els quals destaquem el *ACM Symposium on Computational Geometry 2002*. Forma part del LIMDA (Laboratori d'Investigació en Matemàtica Discreta i Algorísmica) de la UPC, que coordina la xarxa europea COMBSTRU del programa RTN.

**Lògica Matemàtica.** La lògica és una disciplina lligada a la informàtica des dels seus orígens. A banda dels models de complexitat utilitzats tradicionalment en informàtica teòrica, hi ha connexions més modernes, com les que aporta la teoria de models finits, que caracteritza les classes de complexitat amb el poder expressiu de certes extensions de la lògica de primer ordre. Això permet una aproximació diferent a problemes clàssics de complexitat. La recerca del grup es desenvolupa en l'àmbit de la Teoria de Models, especialment en Teoria de Models d'estructures algebraïques (cossos, grups, etc.), i Àlgebra Universal.

La línia manté col·laboracions amb altres grups de recerca tant en l'àmbit nacional com en l'internacional, especialment amb França, Alemanya i els Estats Units. A banda de

les activitats habituals, com la realització de seminaris, hem organitzat i continuem organitzant, en col·laboració amb d'altres grups, nombrosos congressos d'àmbit internacional. El *Barcelona Logic Meeting* ja ha celebrat sis edicions, i actualment n'estem organitzant la setena. També organitzem congressos de caràcter més especialitzat, com el *Workshop on Model Theory* de l'any 2000.

**Matemàtica Discreta.** La recerca se centra en Combinatòria enumerativa, Invariants polinòmics i coloracions, Grafs de Cayley i Xarxes d'interconnexió. Manté col·laboracions amb les línies de Combinatòria i Teoria de Grafs, Geometria Computacional, Algorismes i Complexitat, i amb diversos grups afins espanyols i estrangers. L'any 1999 va organitzar el congrés Formal Power Series and Algebraic Combinatorics (FPSAC'99) i l'any 2001 el Workshop on Tutte Polynomials. Així com la línia de Geometria Computacional, amb la qual manté un contacte molt estret, forma part del laboratori LIMDA.

En el disseny de xarxes, la teoria de grafs hi juga un paper primordial, ja que les característiques d'una xarxa estan directament relacionades amb propietats combinatòries del graf subjacent: connectivitat, diàmetre, camins hamiltonians, automorfismes, etc. Clàssicament, els grafs basats en grups abelians (i les seves modificacions) han donat lloc a xarxes amb molt bones propietats. Dintre de la línia de recerca s'estudien les propietats d'aquests grafs i recentment s'han proposat i estudiat nous models.

D'altra banda, els problemes de coloració de grafs han tingut sempre una forta relació amb problemes d'optimització, scheduling i, més recentment, amb el problema d'assignació de freqüències. A la línia s'estudien els polinomis cromàtics (i d'altres polinomis relacionats) que compten el nombre de coloracions d'un graf. Sorprenentment, aquests polinomis també juguen un paper important en mecànica estadística: recentment s'ha obert una línia de treball en aquesta direcció en col·laboració amb físics matemàtics que estudien el model de Potts.

**Raonament Qualitatiu.** Malgrat que estan estretament lligats en el seu desenvolupament, els interessos d'aquesta línia es poden articular en dos grans eixos, que són,

com el seu propi nom indica: el Raonament Qualitatiu i les Tecnologies de la Decisió. Ambdós són dominis que es poden classificar com interdisciplinaris, i són dues àrees d'interès i actualitat al si de la comunitat científica de la Intel·ligència Artificial. El RQ aporta una nova aproximació per a la modelització i la simulació en general; per tant, el concerneixen totes les disciplines científiques i tècniques que empen models matemàtics per a la representació dels seus sistemes o fenòmens. A la línia hi participen professors dels departaments de MA2, MA3, i ESAII, com també gent de fora de la UPC. L'any 2000 va organitzar el 3r Congrés Català d'Intel·ligència Artificial a Vilanova i la Geltrú, i el proper any 2002 organitza a Sitges el 16<sup>th</sup> International Workshop on Qualitative Reasoning-QR2002. Forma part del Grup de recerca català GREC, del grup de recerca espanyol ARCA, i del laboratori europeu associat LEA-SICA. Es pretén donar un marc teòric unificador on poder desenvolupar mètodes i tècniques per al disseny i construcció d'eines informàtiques per a la presa de decisions, com és el dels sistemes basats en el coneixement. Concretament, es treballa en qüestions relatives a la representació del coneixement, posant especial èmfasi en el disseny de models de representació qualitativa, i en el tractament automàtic de la informació.

**Volem recordar aquí que aquesta línia de treball fou iniciada per la nostra malaguanyada companya Núria Piera.**

**Sistemes Dinàmics I.** A grans trets s'estudia el comportament qualitatiu dels models definits per equacions diferencials ordinàries. La temàtica concreta se centra en els aspectes següents:

- Aplicacions de la Teoria de Galois diferencial a la integrabilitat de sistemes hamiltonians i a la teoria espectral i solitons.
- Mètodes computacionals, integració numèrica i models numèrics aplicats a l'estudi de l'evolució dinàmica i orbital de sistemes de galàxies i les seves propietats físiques, a models cosmològics de formació i evolució de galàxies.
- Tècniques d'avitjanament, integració simplèctica i mètodes computacionals aplicats a la dinàmica d'asteroides del sistema solar i la seva estabilitat.
- Estudi i millora dels models continus i discrets d'aprenentatge associatiu i de visió

aplicant les eines de sistemes dinàmics, com per exemple l'estabilitat i el caos. Aquest treball es porta a terme conjuntament amb psicòlegs de la UB (Universitat de Barcelona).

- Estudi del caos de sèries temporals per a diferenciar diverses patologies psicològiques. Treball realitzat conjuntament amb psicòlegs de la UIB (Universitat de les Illes Balears).

**Teoria de Nombres.** S'estudien Corbes El·líptiques i Hiperel·líptiques, Corbes Modulars, Cossos de Nombres i Teoria de Galois. A banda de les qüestions més teòriques es tracten també aspectes computacionals i es desenvolupen algorismes per treballar amb objectes aritmèticogeomètrics. El grup de recerca inclou també professors del departament MA-IV i manté contacte amb altres grups catalans, europeus, americans i japonesos.

Les connexions de l'aritmètica i la geometria aritmètica amb la Informàtica i les TIC provenen, essencialment, de dos fets. En primer lloc, molts problemes de l'aritmètica elemental (primalitat, factorització, congruències quadràtiques, logaritme discret) són reptes importants des del punt de vista de l'algorísmica i la complexitat. A més, i en relació amb això, tots els sistemes criptogràfics de clau pública que es coneixen actualment que siguin prou simples per poder-los fer servir a la pràctica i alhora prou segurs, es basen en els problemes de factorització i el logaritme discret. La tendència actual és cap a la geometria, de manera que els estàndards recents de firma digital treballen ja amb corbes el·líptiques i probablement la propera generació inclourà les corbes hiperel·líptiques.



## Departament d'Organització d'Empreses

### **El departament d'organització d'empreses a la Facultat d'Informàtica de Barcelona. La Unitat Docent d'Informàtica**

El Departament d'Organització d'Empreses és un dels departaments més grans quant al nombre de professors de la nostra Universitat. Està present a pràcticament tots els centres de la UPC. Per tant, necessàriament ha de gaudir d'una organització més o menys complexa. Aquesta organització s'estructura al voltant de les seccions departamentals lligades a criteris geogràfics i de titulacions, i a les unitats docents que corresponen als centres.

Els professors que impartim la docència a la Facultat d'Informàtica, pertanyem a la Secció Departamental del Campus Nord del Departament d'Organització d'Empreses i constituïm la Unitat Docent de la Facultat d'Informàtica. En total som 11 professors, dels quals tant sols 3 hi tenim una dedicació exclusiva, i un membre del PAS.

Quin paper juguem els professors d'Organització d'Empreses en el context dels estudis d'informàtica?

La nostra Unitat juntament amb la Secció de Sistemes d'Informació del Departament de Llenguatges i Sistemes Informàtics impartim els ensenyaments que comprenen el



conjunt de coneixements necessaris per aquelles persones que es vulguin professionalitzar en Informàtica de Gestió.

Què entenem nosaltres per informàtica de gestió? Amb l'aparició del tractament automàtic de la informació i dels avenços en el camp de la comunicació, els sistemes d'informació que s'implementen en mitjans informàtics (els anomenats "sistemes informàtics") s'han convertit en el centre d'atenció dels investigadors i professionals de la informàtica de gestió.

La nostra Unitat no és aliena a aquest fet i s'interessa bàsicament pel suport als "sistemes Informàtics" i en el context en el qual es desenvolupen, fent especial atenció a una classe particular de sistemes, que s'utilitzen per a la gestió i administració d'organitzacions.

Així doncs, quan ens preguntem, quins són els coneixements més rellevants que es necessiten per al coneixement de la informàtica de gestió, la resposta més lògica seria evidentment aquella intersecció entre la informàtica i la gestió d'organitzacions (enteses ambdues en sentit ampli que ens ofereixi elements per desenvolupar les tres funcions d'operació (funcionament i dia a dia dels S.I.), disseny (tasques necessàries per desenvolupar un nou S.I. o modificar-ne un d'existent) i direcció (tasques de la planificació, coordinació i assignació de recursos) dels sistemes d'informació.

Del conjunt de tasques o "llocs de treball" que es poden considerar relacionats amb la informàtica de gestió, en destaquem els de Dissenyador de Sistemes, Projectes Informàtics i Direcció de Centres de Processament de Dades.

Aquestes serien unes justificacions molt lligades a la professió d'informàtic de gestió vinculades al nostre paper i a la nostra tasca al si de la Facultat d'Informàtica. Caldrien, però, també altres tipus de justificacions.

Per exemple l'actualitat o el protagonisme que han adquirit totes les notícies i afers que giren al voltant de l'economia i la gestió. Avui no ens sorprèn el fet que aquest tipus

d'esdeveniments protagonitzin una part molt important dels noticiaris i mitjans de comunicació. Un graduat superior ha d'entendre i comprendre per poder decidir tots aquests fets i esdeveniments. O bé, una funció que cada cop més ocupa molts graduats en informàtica com és la funció comercialitzadora tant del soft com de l'hardware. Es necessiten professionals del món de la informàtica, però que al mateix temps gaudeixin d'uns coneixements importants de gestió per poder fer front a aquestes tasques.

Per altra banda, s'observa en totes les anàlisis sobre la professió informàtica i és palès en el món de les empreses, el pes important de la informàtica aplicada a la gestió. Això ens porta a considerar que, en la mesura del possible, es farà necessari un increment del nombre d'assignatures de gestió en un futur pla d'estudis, la qual cosa, com ja s'ha comentat amb anterioritat, està en debat en el si de la Facultat.

Quines assignatures impartim i quin sentit tenen per a nosaltres en el context de la professió o del paper de l'informàtic de gestió?

### ***Economia I i II***

Ens descriu l'entorn econòmic en el qual es mou l'empresa. Es fa esment sobretot de la inestabilitat i la incertesa d'aquest entorn tal com palesen els esdeveniments que darrerament s'estan produint (11 de setembre de 2001). S'han de conèixer els mecanismes i les variables que conformen i fan canviar aquest entorn.

### ***Estructures Organitzatives***

Ens introdueix en el coneixement de l'empresa i les organitzacions que es mouen en l'entorn econòmic descrit anteriorment. S'expliquen els grans processos i àrees funcionals que estan lligats als principals processos de decisió de l'empresa amb entorns de certesa i d'incertesa, per una banda, i, per l'altra, qui són els actors implicats en la presa de decisions empresarials en el si de les organitzacions.

### ***Teoria de la decisió***

Un cop conegut l'entorn, l'empresa i les seves principals funcions i qui i perquè es prenen les decisions. S'introdueix l'alumne en les tècniques de presa de decisions eficients com seria la conducció de persones, negociació i algoritmes de previsió d'informació per a la presa de decisions, etc.

### ***Administració d'Organitzacions i Control de Gestió***

Es tracta que l'Enginyer Informàtic que està immers en el món de les organitzacions compregui, conegui i pugui utilitzar les tècniques més usuals que fan servir les organitzacions per a l'elaboració de la informació que serà utilitzada posteriorment en la presa de decisions pels professionals que les dirigeixen. Es tracta bàsicament d'informació interna que també proveirà el Sistema d'Informació de les empreses i organitzacions.

### ***Gestió de la producció***

A l'actualitat i amb la proliferació dels nous canals d'aprovisionament i comercialització lligats amb la xarxa es fa necessari que el futur informàtic conegui les tècniques, software i algoritmes que més utilitza l'empresa en aquest camp. No podem oblidar que una de les claus de la utilització d'Internet com a eina empresarial passa per una eficient logística i producció física empresarial.

Finalment, i per tancar aquesta breu descripció del paper de la Unitat Docent d'Organització d'Empreses a la Facultat d'Informàtica, intentarem fer un breu resum de l'activitat investigadora dels seus membres que no sempre està circumscrita al món de la informàtica de gestió.

### ***Planificació de polítiques públiques sobre educació superior.***

En aquest camp, s'ha estat treballant en diverses investigacions i estudis que han contribuït a proporcionar informació a l'administració pública que li ha de permetre planificar els canvis que s'han experimentat en els darrers anys amb un impacte rellevant

sobre el propi sistema universitari. I és que, l'estudi de l'impacte dels importants descensos demogràfics que experimenta el país i dels canvis en el sistema educatiu en els nivells previs que ha portat l'aplicació de la LOGSE, han estat incorporats en successius estudis i models de previsió de la demanda universitària, els quals permeten, des de l'any 1993, anticipar, per exemple, l'actual procés de reducció de la població que accedeix a l'ensenyament superior.

### ***Assessorament a la transició econòmica dels països de l'Est d'Europa***

Alguns professors del departament, a través de la participació en diversos programes europeus Tempus-ACE, hem realitzat estudis i assessorament sobre l'obertura econòmica de països com ara Polònia, Hongria i Romania. Aquesta línia va començar a mitjans dels anys 1990 i s'ha prolongat fins ara; actualment, es col·labora activament amb la Universitat de Pitesti-Romania.

### ***Impacte de les inversions estrangeres sobre un territori***

Arran dels estudis ACE vàrem interessar-nos per l'estudi dels efectes de la inversió estrangera sobre un territori, i els condicionants d'aquesta inversió per localitzar-se o deslocalitzar-se. I vàrem estudiar el cas de l'economia espanyola.

### ***Assessorament a la gestió universitària a Amèrica Llatina***

Juntament amb la Uniff (Unitat de Formació de Formadors) i a través de programes Alpha hem col·laborat amb diverses universitats, de Cuba, Perú, Veneçuela, Colòmbia, Mèxic, Xile i Argentina per millorar-ne la qualitat docent i la gestió universitària.

### ***Desenvolupament regional i Tecnologies de la Informació i les Comunicacions.***

Actualment s'està treballant en l'estudi de sistemes d'indicadors estàndards que permeten avaluar, en diferents àmbits, el grau de desenvolupament de les infraestructures i serveis en tecnologies de la informació i les comunicacions que una regió o una ciutat presenten o ofereixen. Igualment, es treballa en l'estudi de l'impacte o contribució econòmica que el sector TIC aporta al desenvolupament de la regió.

### ***Desenvolupament regional en territoris de muntanya.***

Hem treballat en la definició i posada en marxa de plans estratègics i de desenvolupament local. La nostra especialització han estat els territoris rurals de muntanya. Hem contribuït a la creació d'un servei de desenvolupament territorial. Com a resultat de l'estudi realitzat, es va redactar el document "Proposta per a la creació d'un Servei de Dinamització Econòmica a l'Alt Urgell", on es planificaven les tasques, el personal, els mitjans i l'organització necessària per a la posada en marxa d'aquest servei.

Posteriorment i com a conseqüència de la delicada situació econòmica originada a la zona sud de la comarca de l'Alt Urgell atesa la crisi de l'empresa Taurus, el Consell Comarcal torna a sol·licitar la col·laboració del Departament d'Organització d'Empreses per definir l'estratègia de desenvolupament socioeconòmic, els objectius estratègics i operatius i els criteris de selecció de projectes per a l'aplicació de la iniciativa comunitària Leader<sup>1</sup> 2 a l'Alt Urgell Sud.

### ***Empresa i formació.***

Avui dia l'entorn en el qual es mou l'empresa i les organitzacions és molt canviant i dinàmic. Un element imprescindible per a les empreses per poder adaptar-se ràpidament als canvis és la gestió eficient dels seus recursos humans, és a dir que aquest potencial tant important pugui desenvolupar de la millor manera les seves actituds i aptituds. Per tal d'aconseguir-ho l'empresa cada cop inverteix més en formació, com a eina per a la millora del capital intel·lectual.

També avui dia està adquirint gran importància l'impacte econòmic que té la formació a l'empresa, mesurat com a retorn, com si es tractés del resultat de qualsevol inversió, tal com ja s'ha destacat anteriorment. Per tant, una línia actual de recerca tracta de la determinació dels costos i el seu impacte en la consecució d'una matriu de costos que permeti el càlcul de la rendibilitat econòmica i financera de la inversió en formació.

---

1. Leader (Lligam entre activitats de desenvolupament rural) és un programa europeu d'ajut al desenvolupament de zones rurals

Finalment, els professors d'aquestes línies de recerca són membres de les Associacions científiques més importants en aquests camps i, han participat i presentat diverses comunicacions als congressos anuals d'aquestes associacions, han publicat articles en les revistes especialitzades de les diferents àrees i han col·laborat en l'edició de llibres d'aquestes especialitats.



## Laboratori de Càlcul de la FIB

El Laboratori de Càlcul de la FIB (LCFIB) existeix gairebé des de la creació de la FIB. Encara que els fonaments de la seva missió no han variat gaire, aquests 25 anys han fet del LCFIB un referent dins de la UPC pel que fa a les tecnologies de la informació i de la comunicació. Això, evidentment, ha estat possible gràcies a molts esforços, moltes hores de dedicació, i la voluntat de moltes persones que, ja sigui directa o indirectament, han fet seu aquest recurs que ha ofert la FIB al llarg d'aquest quart de segle.

El LCFIB ha viscut molts canvis des de la seva creació. Han estat canvis pel que fa a la ubicació i als espais, en el camp tecnològic, en l'àmbit dels serveis i quant a les persones.

A finals dels anys 1970 vàrem començar en uns espais al costat del Teatre de Torre Girona (120 m<sup>2</sup>), amb tecnologies com el PDP-11/60 de Digital (7 terminals connectats), dos professors de la FIB i uns estudiants voluntaris per a l'atenció als usuaris.

La primera meitat de la dècada dels vuitanta, el LCFIB es va mantenir a Torre Girona, però ampliant els seus espais amb el que s'anomenava Teatre (220 m<sup>2</sup>), es va adquirir un VAX-11/750 (25 terminals) compartit amb l'ETSECCPB, que després va ser substituït per un VAX-11/780 (15 terminals) amb dedicació exclusiva per a la FIB, un micro VAX-11/725 i dos ordinadors personals Philips P2000. També va ser quan el LCFIB es va connectar a la xarxa de la UPB mitjançant línia telefònica punt a punt de 4.800 bps,



i va tenir la seva primera xarxa local ethernet . En aquest període ja es va contractar Personal Laboral per gestionar els recursos tecnològics.

La segona meitat de la dècada del 1980 es va caracteritzar pel trasllat de la FIB al Campus Sud, a l'edifici anomenat Unitat Docent Politècnica (UDP) i que finalment, es va dir Edifici U. Aquest trasllat va representar un gran canvi per al LCFIB, no només pel que fa als espais, sinó també per l'increment dels recursos tècnics i humans que es va produir al llarg d'aquest període. Com a exemple, podríem dir que el mes d'abril del 1986 es va demanar la primera connexió X.25 a Telefónica per connectar la xarxa de la FIB a la xarxa acadèmica espanyola, i que fins al mes de març de l'any 1987 no es va aconseguir que s'instal·lés. Això vol dir que l'any 1987, i mitjançant la FIB, la UPC es va connectar a totes les xarxes de comunicació del món, per a l'intercanvi de correu electrònic. Els recursos humans del LCFIB a finals dels 1980 eren 16 PAS i 6 becaris. El LCFIB gestionava al voltant de 12 servidors (ISIS, OSIRIS, HORUS, EFIB01, SIEMENS, EROS, THALIA, ADONIS, ATENEA, HILDA, DANAE, i ISARA), una xarxa d'ordinadors SECOINSA, una xarxa de 7 PCs (amb Novell Netware), i dues pantalles gràfiques Tektronix amb plotter, dos ordinadors Macintosh.

A finals dels anys vuitanta la consolidació del LCFIB com a motor TIC de la UPC ja era un fet. No només per la tecnologia que gestionava, sinó també pels serveis que proporcionava als estudiants, als professors i al personal d'administració i serveis de la FIB. La FIB tenia el seu propi producte informàtic per a la gestió econòmica (que va ser adoptat per tres escoles més de la UPC), el seu propi producte informàtic de gestió acadèmica, i la primera instal·lació a la UPC del correu electrònic EAN que permetia la comunicació amb la xarxa informàtica mundial.

La dècada dels noranta va ser el període en el qual es van palesar els canvis de la revolució tecnològica de les TIC en els canvis que es varen produir al LCFIB. No només pel creixement i la modernització dels recursos informàtics necessaris per fer front al canvi de les titulacions de la FIB i a l'adopció de la quadrimestralitat, sinó també per la incorporació de més serveis docents i administratius. Evidentment, la connexió de la FIB a

Internet i l'exploració de serveis a Internet, va marcar de forma important la vida del LCFIB. No només pel que va representar en l'actualització dels recursos informàtics i de comunicacions, sinó també en la forma de treballar i comunicar-se amb nous entorns.

Els 1990 va ser la dècada en què es van posar en marxa les aules informàtiques al Campus Nord (desembre de 1991 A2, octubre de 1992 A5), la primera aula d'X-terminals (octubre de 1991), i els anys en què es va crear la Web de la FIB (setembre de 1994).

A mitjans dels noranta el LCFIB es va traslladar a la seva ubicació actual, al Campus Nord de la UPC, a l'edifici B6. Es va reorganitzar i en comptes d'estar organitzat en àrees de coneixement (Gestió, sistemes VMS, sistemes UNIX, sistemes PC, Xarxes, Gràfics, Manteniment, Operació) es va organitzar en àmbits de serveis (Sistemes, Aules Informàtiques, i Serveis de Comunicacions – Serveis d'Informació, Organització i Gestió – Desenvolupament de Projectes Tecnològics). Una de les fites més importants d'aquest període va ser la posada en marxa, a la FIB, dels Racons com a eina d'ajut a la docència. Aquest producte va ser una de les primeres Intranets Docents de la UPC, i part del producte es va desenvolupar a l'ETSECCPB i al Campus de Terrassa i Manresa.

La transició dels noranta al segle XXI va estar marcada per l'efecte 2000 i el seu potencial impacte en els serveis que s'oferien des del LCFIB. La manca d'incidents remarcables va permetre valorar que les actuacions iniciades a finals del 1998, varen ser les causants principals que l'Efecte 2000 se superés sense entrebancs. Aquest nou segle també va representar el comiat d'un entorn que ens havia acompanyat des dels inicis del LCFIB, l'entorn VMS de Digital i les seves pantalles VTs. El 2000, va ser també l'any en què el LCFIB va posar en explotació el seu nou producte de gestió acadèmica, i també es va importar aquest producte a d'altres centres docents de la UPC.

Arribem finalment a aquest inici de segle en què celebrem aquest 25è aniversari de la FIB i fem aquest exercici de memòria que ens fa pensar en el molt que s'ha fet i sobretot en el molt que queda per fer en aquest món tan canviant de les tecnologies informàtiques i de comunicacions.

És evident que el Laboratori de Càlcul de la FIB ha canviat molt al llarg d'aquests 25 anys, dels 120 m2 que teníem el 1978 hem passat a tenir-ne uns 1700 m2, de les 7 terminals als 450, del mega de memòria RAM als 15 gigas, dels 57 megas de disc als 900 gigas, ... Ara només cal fer-nos la següent pregunta: D'aquí a 25 anys, això que ara estic llegint en paper, com arribarà al meu cervell ?... nanoxips ...biotecnologia...





**Tomàs Aluja**  
exvicedegà

## **De com vaig arribar a la FIB i vaig estar fent "DATA MINING" sense saber-ho**

Arran del 25 aniversari de la FIB, vull aprofitar l'oportunitat que se'm brinda per escatir la poc compresa relació entre l'Estadística i la Informàtica, tot fent èmfasi en els nous punts de col·laboració que apareixen entre ambdues disciplines, esperonats pel nou (o vell) concepte de "data mining", sense oblidar la meua experiència com a vicedegà, motiu pel qual hom m'encarrega aquestes 6 pàgines.

### **La meua experiència com a vicedegà.**

No tinc gaire records com a vicedegà, crec recordar que només vaig durar un any i que em va pertocar la difícil tasca de substituir l'empremta deixada per en Josep Díaz en el vicedeganat de recerca, en un moment en què aquesta tasca passava a ser competència dels departaments. Per tant, la meua experiència com a vicedegà va ser curta i terminal, la prova n'és que no vaig ser substituït com a vicedegà de recerca en l'equip deganal un cop vaig plegar. Si que recordo haver-me trobat còmode en el si d'un equip deganal ben avingut, amb en Josep Coll, en Ricard Villa, en Ton Sales i el degà, en Toni Giró.

Com a vicedegà la meva única intervenció, que recordi, va ser l'organització de xerrades culturals amb refrigeri inclòs, per assegurar l'audiència. Sigui com sigui, les xerrades varen ser un èxit, les aules eren plenes a vessar amb companys dels diferents departaments de la Facultat; i és que, aleshores els departaments encara compartíem tots espai dins de la Facultat, de la qual tots ens en sentíem membres i, a més, teníem temps per gaudir de xerrades fetes per... L'erudit Martí Vergés que ens va il·lustrar com s'ajusta el rellotge de la catedral de Barcelona, encara que hagués estat millor organitzar una visita al rellotge a la mateixa catedral, o en Ramon Puigjaner que ens va ensenyar unes boniques diapositives de temples maies, de Xixen-Itzà, de Palenque, ... que s'alçaven majestuosos enmig de la naturalesa exuberant en un dia ennuvolat. O en Fèlix Saltor que ens va il·lustrar sobre com vivien els indis de més al nord, els "puebla" i altres, la seva diferència amb els indis de les pel·lícules, vull dir els de les praderies, el seu concepte de propietat privada de la terra, que no en tenien, el seu pacifisme i les seves relacions amb els "castilla". O en Josep Díaz que ens va explicar un viatge seu al Vietnam, país mític per a tota una generació, i ja m'enteneu el que vull dir... I que em dispensin si altres persones varen participar en aquestes xerrades i ara, passats els anys, no les recordo.

Finalment, el fet de no tenir una tasca clarament encarregada va motivar la meva dimissió...

## De l'Anàlisi de Dades al Data Mining

Jo vaig fer cap a la FIB sense haver-ho planificat, podríem dir per atzar. Els actes dels humans sovint són així, talment com llavors llençades en el camí de la vida, aleshores, pel fet de caure en terra fèrtil i per la capacitat pròpia, hom creix, s'arrela, i creu que aquella és la seva terra i se la fa seva. Això és el que a mi m'ha passat a la FIB. Puc dir sense vergonya que m'agrada la informàtica i em sento a gust amb la gent informàtica, ara en dieu fibers. Vaig arribar quan érem a Torre Girona, per a ser exactes, al darrere de Torre Girona. Hi estàvem estrets, havíem de compartir taula amb algun company, sort que a mi em va tocar la Pilar Muñoz, però ens coneixíem tots, alumnes

inclosos, si més, no de vista, i ens envoltava la flaire dels pins i el cant dels ocells, mentre vàiem passar atrafegats els de la CCD<sup>1</sup> (veritable sanedrí que dirigia la FIB, formada pels caps de tots els departaments integrants de la Facultat), potser havien de demanar una ajuda per comprar un VAX 780 o discutir una nova assignació d'espai, tema sempre sagnant. Jo venia de París on havia fet la meva tesi sobre anàlisi multivariant, i m'incorporava per ensenyar Anàlisi de Dades (AD) i Estadística, és clar que el primer any sobretot el que vaig fer va ser aprendre jo mateix, d'una vegada, el que havia d'ensenyar. Recordo que em va impressionar trobar un terminal del VAX en el propi despatx de treball. Carai, si que era moderna la FIB!

De seguida em vaig adonar que la meva especialització seguida a París, (l'Analyse des Données), i la Informàtica combinaven molt bé, de fet, l'Anàlisi de Dades tal com l'havia practicat a París, és una conseqüència natural de la informàtica.

Les idees bàsiques de l'escola francesa d'anàlisi de dades les trobem en els llibres d'en J.P. Benzecri<sup>2</sup>, veritable pare Abraham (o Ibrahim segons la versió musulmana) d'aquesta escola. El seu principi bàsic és que les dades són portadores d'informació. L'objectiu era (i és) palesar-la. Per això les dades s'agafen tal com venen, sense fer cap hipòtesi sobre la distribució de probabilitat que les ha generades. Les dades són nombroses, tant en individus (o registres, o instàncies o com en vulgauer dir), com en variables (o atributs o camps, ...). Molt més nombroses que els fitxers normalment tractats pels estadístics durant tot el segle vint. I cosa important, el tractament s'ha de fer de forma informàtica.

---

1. Comissió de Caps de Departament

2. J. P. Benzecri L'Analyse des Données. Dunod (1973).



A París hi anava per fer la meva tesi doctoral sobre validació de la divisió comarcal de Catalunya, tema nostrat i patriòtic i que aleshores era un tema de debat profund entre els que advocaven una superació de la divisió comarcal per crear uns ens municipals més grans, les municipalies, talment com en l'última proposta de l'informe Roca, i els que creien que malgrat les autopistes les comarques encara eren vàlides. Jo hi vaig anar per treballar sobre aquest tema i em vaig trobar col·laborant en el desenvolupament d'un paquet informàtic (SPAD, Sistema Portable d'Anàlisi de Dades) que en aquells moments era universitari i de recerca, i agafant experiència de primera mà en l'anàlisi de dades, "a la francesa" això sí. Tot plegat va constituir una experiència inesborrable, que ha guiat i condicionat tota la meva trajectòria universitària posterior.

A mode de tast, vet aquí una relació de problemes als quals m'he anat confrontant en el meu quefer universitari.

1. Detecció de zones funcionals a Catalunya. Una zona funcional ve definida per un pol d'atracció i la seva zona d'influència, per exemple Figueres respecte de l'Alt Empordà o Vic respecte de l'Osona constitueixen dues zones funcionals clares amb una gran coincidència amb els límits comarcals establerts. Per tant, la detecció de zones funcionals i veure si coincidien amb els límits comarcals, era una forma de validació de les comarques. Per la qual cosa calgué emmagatzemar de forma òptima el graf de contigüitat geogràfica entre tots els municipis catalans i la seva distància associada (per crear-lo m'hi vaig passar tot un estiu, a 10 hores per dia), també la cerca del camí mínim en el graf entre municipis catalans, i l'establiment d'un algorisme iteratiu de definició de les zones funcionals. La sorpresa en els resultats trobats fou la gran coincidència amb el mapa establert per en Pau Vila, cinquanta anys abans, preguntant simplement quin era el mercat per a cada poble (mapa de mercats) i que serví de base per a la divisió comarcal posterior i en gran part ara vigent<sup>3</sup>.

---

3. Encara que també podria servir de base per a una divisió més fina que la comarcal. El nombre de comarques fou decidit a partir de consideracions administratives i de gestió. Aquests resultats es troben en la pròpia tesi doctoral meua (Mètodes de classificació i anàlisi factorial sobre un graf, 1984) i en el PFC d'en Xavier Valls Acero (FIB 1998).

2.El fet de disposar del graf de contigüïtat geogràfica entre municipis em va permetre introduir la restricció de contigüïtat en un procés de "clustering" per tal de definir classes que corresponguessin a zones geogràfiques veïnes, la qual cosa no s'ha de confondre amb les zones funcionals anteriors, car les zones funcionals són heterogènies per definició, atesa la diferència que hi ha entre el pol d'atracció i el seu "hinterland", mentre que les classes d'un procés de classificació són per construcció formades per objectes similars. Això és útil per companyies de serveis, com Telefónica, quan volen fer una planificació del territori, però amb les unitats territorials homogènies al més grans possibles. Per això calgué reprogramar els algorismes previs efectuats per L. Lebart<sup>4</sup>, i introduir-los en SPAD, així començà la meva col·laboració amb el grup del CESIA (Centre d'Estadística i Informàtica Aplicades) desenvolupador d'un paquet experimental, com era SPAD en aquell moment.

3.El problema de la classificació, estudiat en el plantejament anterior, és molt interessant, vol dir efectuar una síntesi de la realitat que sigui operativa. De fet, tot ésser humà la fa des que és un infant quan aprenem el nom de cada cosa, per exemple nomenant taula a tota una classe d'objectes, diferenciant-los de les altres classes d'objectes que no són taules. És interessant poder efectuar aquest procés a cegues, de forma automàtica, mitjançant un algorisme. Aquest és un problema abordat per l'Estadística (i també per la Intel·ligència Artificial sota el nom de classificació no supervisada). Una metodologia habitual és la classificació jeràrquica, la qual té el problema de tenir una complexitat de  $n^3$  en la seva implementació clàssica, que la feia impracticable només que els objectes a classificar superessin el miler. El 1982 acabaven d'aparèixer en la literatura especialitzada algorismes accelerats que asseguraven una complexitat de  $n^2$ . Aquí la meva tasca fou programar aquests algorismes, fer-ne una comparativa i introduir en SPAD l'algorisme de classificació ascendent pels veïns recíprocs.

---

4. L. Lebart, director de recerca del CNRS (Centre National de Recherche Scientifique), un dels primers estadístics en acompanyar les seves publicacions de programes informàtics.

4. Tanmateix, tot i l'ufanós que estava de les classes obtingudes pels algorismes de "clustering" que jo havia programat, resulta que sovint no eren el que l'usuari realment necessitava. L'usuari no volia classes d'objectes similars, sinó classes d'objectes que fossin similars segons una certa variable privilegiada, per exemple que tinguin un nivell de dipòsits bancaris similars, però que els pugui identificar en funció de la resta de variables. Això em va portar a l'estudi d'algorismes de segmentació<sup>5</sup>. En Estadística s'estudien des de 1964, però també aquí els estadístics compartim estudi amb els companys d'Intel·ligència Artificial, concretament els de "machine learning", on existeix una llarga tradició de construcció de classificadors sota el nom d'arbres de decisió.

5. Un altre problema interessant és la visualització de la variabilitat. Si es tracta només d'una variable, amb l'histograma ja fem la feina, però si de variables en tenim per donar i per vendre, aleshores les visualitzacions són més complexes. Són gràfics on cada punt indica una variable o un individu i tot plegat és una representació de la informació continguda en les dades. Si les dades són una mostra aleatòria, veiem aparèixer en el gràfic la regularitat estadística, per exemple, podem veure que els dipòsits bancaris augmenten amb l'edat o que la despesa familiar depèn de la mida de la unitat familiar i del nivell de formació, etc. Aquesta és una experiència per la qual cal passar per realment creure's això que prediquem a les classes, que les dades contenen informació. Si les dades són molt nombroses encara que no siguin una mostra aleatòria, aleshores es tornen més indiscretes ja que revelen el secret d'algun grup d'individus que s'escapen de la regularitat estadística normal. Per exemple, algun grup d'individus amb un nivell de dipòsits bancaris massa alts (o baixos) del que els pertocaria. Tanmateix la regularitat estadística és sovint previsible, per exemple el perfil socioprofessional d'un barri determina el perfil de vot del barri. En aquestes circumstàncies la temptació d'esprèmer les dades tot el que es pugui és irresistible. Ja sabem que hi ha factors

---

5. El problema abordat fou l'obtenció adaptativa dels arbres, obtenir heurístiques de complexitat optimitzada i obtenir criteris de partició robustos, que generin arbres estables. Aquests treballs donaren lloc a la tesi de l'Eduard Nafria: Segmentació Automàtica per Arbres de Decisió: Estudi de l'estabilitat i la complexitat de l'algorisme. UPC, 1996.

que influeixen en el vot com el perfil professional, però hi ha algun factor de variabilitat més?, o bé, ja sabem que la dimensió de la família i el nivell de formació influeixen la despesa familiar, però hi ha algun factor de variabilitat més?. Això em va portar a estudiar quins són els factors de variabilitat que queden després d'haver eliminat aquells que són coneguts. Aquesta és una idea força interessant que ha donat lloc a força desenvolupaments en el món de l'Estadística. Aquestes anàlisis s'anomenen condicionals. Va ser un tema important en la meua tesi, on el condicionament s'introdueix mitjançant un graf, la qual cosa va ser una bona manera d'expressar les possibilitats que dóna de si el graf de contigüitat geogràfica que havia creat<sup>6</sup>.

6. L'últim tema de recerca en el qual estic treballant és la fusió de dades. Aquest és un tema de gran actualitat. La informació emmagatzemada sobre suport magnètic creix de forma exponencial, tanmateix en molts casos la informació aportada per aquests fitxers és complementària i seria desitjable poder-la compartir. La situació està perfectament il·lustrada per en Lucky Luke en un còmic dels seus. Ens imaginem l'escena... *"en un carrer polsegós d'Oklahoma, la sequera es feia sentir, terriblement... Els corbs sobrevolen els camps buits i no troben res per menjar sinó la pròpia palla dels espantaocells. Malgrat els estralls de la fam, Schmit ha tret un tros de cansalada que aniria bé amb els pèsols d'en Jones ... I si s'ho canviessin?, Més valdria compartir-ho tot i fer-ne un plat... El problema és que una ració de cansalada i una ració de pèsols no fan dues racions de cansalada amb pèsols..."*. Aquest tros de còmic il·lustra bé, el valor de la fusió i les seves limitacions, es tracta de fusionar dos fitxers independents, completant la informació en cadascun d'ells amb la informació de l'altre, tanmateix no es tracta d'informació nova sinó que l'únic que s'ha fet és enriquir la informació en cadascun d'ells. Aquest procés va molt més enllà del "record matching" que és el problema informàtic d'aparellar registres referits a un mateix individu, sinó que es tracta d'inferir el comportament d'un individu a partir del comportament d'individus

---

6. Aquest tema va estar present, a banda de la meua propia tesi, en les d'en Ramon Nonell (El condicionament en les Anàlisis Factorials Descriptives, 1992) i Santi Thió (Anàlisis Factorials Descriptives Locals, 1996).

similars. Certament, aquest procés està en els límits de l'estadística i perquè funcioni bé cal que existeixin una sèrie de variables comunes entre ambdós fitxers que actuïn de passarel·la<sup>7</sup>.

De forma paral·lela va venir la participació en projectes europeus de la mà del professor Martí-Recober. Aquí les preocupacions són més prosaiques, es tracta de donar estimacions fiables sobre el consum dels ciutadans europeus, amb rapidesa, evitant errors, permetent la comparabilitat entre països, l'escalabilitat, etc. La novetat fou la introducció de les metadades com a part central integradora del sistema, mitjançant el disseny d'un model relacional per les metadades. Les metadades són tot el que se sap sobre les dades i quan un sistema esdevé complex, són una part bàsica essencial per al seu correcte funcionament. Actualment tenim en curs un nou projecte europeu centrat en el disseny d'un datawarehouse de qüestionaris per a l'establiment d'un índex europeu de satisfacció dels consumidors i la fusió de dades, atès el diferent tipus de qüestionaris entre països i branques empresarials, seguint l'experiència del tema anterior.

Per tant, el component informàtic ha estat sempre present en tota la meua activitat de recerca, procurant fer innovacions metodològiques en tècniques d'anàlisi de dades a partir de la formulació de problemes plantejats per l'entorn social i implementant aquests algorismes en sistemes informàtics. Aquesta és una àrea de recerca a la frontera de les dues disciplines, a la qual m'he dedicat jo i el grup de persones que han confiat en mi, durant aquests 20 anys d'activitat acadèmica. Tanmateix, aquesta àrea crea un cert neguit respecte a la seva ubicació, ja que no és pròpiament informàtica, però tampoc té el reconeixement de la comunitat estadística, perquè s'allunya clarament del paradigma inferencial clàssic. Per sort, sembla que finalment aquesta activitat té un nom reconegut per tothom, se'n diu *data mining* i deu ser el nom correcte atès que ve dels Estats Units.

---

7. Tesi de la Roser Rius (Inserció de dades d'enquesta, 1999) i projecte europeu ESIS (European Satisfaction Information System, 2002).

En efecte, des de fa uns 10 anys el “data mining” ha irromput amb força en el món empresarial, primer, i els darrers anys ha passat a l'àmbit acadèmic. Només cal seguir la quantitat de congressos que l'inclouen com a tòpic o directament estan dedicats a l'extracció i gestió del coneixement. De fet, en aquests moments totes les grans empreses de serveis han implementat unitats de “data mining” lligades als departaments de CRM (*Customer Relationship Management*), també en el món científic han aparegut problemes que fan considerar la seva utilització, tals com l'exploració de dades de satèl·lit, o el projecte genoma, etc. Tanmateix, l'interès primigeni fou empresarial, el “data mining” és un altre exemple en què l'acadèmia ha anat a remolc de l'empresa.

L'aparició d'aquest nou concepte posa damunt la taula la necessitat de definir què és i, sobretot, amb quina disciplina científica s'entronca. I això suscita divertides controvèrsies entre els estadístics i els informàtics sobre les arrels del “data mining”. Valgui com a botó de mostra els comentaris apareguts en el *kdnuggets* ([www.kdnuggets.com](http://www.kdnuggets.com)) del novembre referents al congrés KDD2001 “...Data miners seemed arrogant in its mistreatment of statistics. Still most data miners remain ignorant of statistics, most statisticians remain ignorant of data mining, and they continue to sarcastically criticize each other...” o bé aquest altre “if a statistician has a new idea, he will write a paper, if a data miner has a new idea he will create a company”. Val a dir que per aquesta concepció, dominant, la mineria de dades es presenta com una disciplina més de la Intel·ligència Artificial, força o completament deslligada de l'estadística. De fet, en la comunitat acadèmica estadística, la mineria de dades es considera l'última moda d'una mala pràctica estadística ja coneguda, anomenada “data fishing” o “data dredging”.

Però anem a pams. És realment la mineria de dades una moda?. La resposta és no, l'emmagatzematge de dades s'ha convertit en una tasca rutinària per a les organitzacions i aquesta tendència anirà en augment, també certs problemes científics destinats a jugar un paper de primer ordre en aquest segle, impliquen el tractament de quantitats ingents de dades.

La mineria de dades és una mala pràctica de l'Estadística? Bé, examinem-ho amb una mica de detall. D'entrada es pot dir que en Estadística es treballa amb dades des de fa més d'un segle. Ara, però, el volum de dades és molt més gran. Vol dir això que es tracta simplement d'un canvi d'escala?. La veritat és que és més complicat que això, en estadística les dades sempre se suposen obtingudes mitjançant un mecanisme aleatori o per un disseny planificat, només aleshores les inferències són vàlides. En canvi, en mineria de dades, les dades són tal com estan recollides en la base de dades, sense cap propòsit previ sobre els tractaments a realitzar, s'emmagatzemen de forma rutinària tal com es produeixen, de forma no aleatòria, contenen errors i informació mancada i, òbviament, són molt nombroses. Aleshores, en aquesta situació, ens podem preguntar, serveix per alguna cosa l'estadística?

Si anem a les fonts, Sir R. Fisher<sup>8</sup> va definir el 1925 l'estadística a partir de tres punts de vista: Com *l'estudi de poblacions*, la qual cosa està a l'origen de la disciplina, com *l'estudi de la variabilitat*, que permet estudiar els fenòmens naturals incorporant-hi la seva pròpia part aleatòria i com a *mètodes de reducció de les dades*. Deixant de banda el primer enfocament que ha donat lloc a l'Estadística Oficial, els altres dos enfocaments han donat lloc a les dues grans corrents de l'Estadística: *L'estadística inferencial* i *l'anàlisi de dades*, considerant aquesta anàlisi com el preàmbul per al primer (veure a Cox & Snell<sup>9</sup>, Rao<sup>10</sup>, ...). L'estadística inferencial es refereix al paradigma central del quefer estadístic, ço és, decidir entre diverses hipòtesis possibles a partir dels fets observats. En canvi, l'Anàlisi de Dades té un sentit molt general d'estadística aplicada, amb una connotació d'aproximació pragmàtica i informatitzada<sup>11</sup>. En John Tukey<sup>12</sup> va intentar dignificar aquesta aproximació, tanmateix fou Jean Paul Benzecri qui de forma més clarivi-

---

8 R. Fisher Statistical methods for research workers. Oliver and Boyd, Edinburgh, 1925.

9 D. R. Cox, E.J. Snell Applied Statistics, principles and examples, Chapman and Hall, 1982.

10 C.R. Rao, Statistics and Truth International Cooperative Publishing House, Fairland, 1989.

11. "L'analyse des données" dels francesos participa d'aquest caràcter plenament, però referint-se només a l'anàlisi de dades multivariant.

12. J.W. Tukey Exploratory Data Analysis Addison Wesley, 1977.

dent va expressar la diferència entre ambdues aproximacions quan afirmava que "le modèle doit suivre les données et non l'inverse", és a dir, primer són les dades i a partir d'aquestes es busca la informació rellevant per als problemes plantejats, mentre que a l'estadística inferencial és just al contrari, primer és el model i les dades s'utilitzen per validar, o no, el model especificat, seguint el paradigma científic. Aquesta és, per tant, una diferència profunda. Tanmateix, en estadística és clar que la innovació sempre ha ocorregut motivada pels problemes plantejats per la societat, veure els avanços provocats per l'astronomia al segle XVIII, la biometria al segle XIX, i la psicologia, l'agricultura, la indústria química, etc. al segle XX. En aquest sentit és clar que actualment, el desenvolupament en hardware està contribuint a posar damunt la taula nous i interessants problemes als quals l'estadística ha de saber fer front, dades provinents de transaccions fetes amb targeta bancària, operacions de compra en grans superfícies, dades de satèl·lit, projectes de genòmica, trucades telefòniques... Aquesta situació implica un repte que obligarà els estadístics a repensar els esquemes clàssics d'inferència estadística i de significació dels resultats observats.

Per altra banda, és evident que el treball conjunt d'estadístics i informàtics només pot crear sinèrgies positives (si més no, de mitjana), en aprofitar els punts forts d'ambdues disciplines, una més preocupada per oferir solucions algorísmiques factibles, mentre que l'altra més preocupada del poder de generalització dels resultats trobats. El que no té sentit és la situació actual, propiciada per l'actual sistema d'àrees de coneixement tancades i inconnexes, en què es treballa sobre els mateixos problemes i es generen dos vocabularis diferents, la qual cosa dificulta, si no és que impedeix, la col·laboració.

Per altra banda, de cara al futur, no només cal pensar en dades numèriques, sinó també en l'aplicació de tècniques de data mining a textos. Les respostes lliures donades pels usuaris d'un producte contenen molta més informació que la que es pugui codificar numèricament. També la informació recollida en la web és un altre exemple de dades no aleatòries (les persones que es connecten a una certa pàgi-



na no són una mostra aleatòria), però que són interessants d'explorar i extreure'n el coneixement pertinent per al propietari de la pàgina. També, és clar que la genòmica tindrà, en aquest nou segle, el paper de ciència conductora per a un ventall ampli de disciplines, tal com en altres moments altres ciències varen tenir-lo, i de ben segur que cada cop més apareixeran noves i interessants oportunitats per la a professió d'informàtic-estadístic.

Barcelona-Blancafot, Nadal del 2001.

**Antonio Cañabate**  
exvicedegà

### ¿Cuánto vale una o un FIBER?

La *Economía de la Educación* es una rama de la Economía que se ocupa de estudiar la educación desde una perspectiva económica sin dejar de lado aspectos más pluridisciplinarios incluyendo la sociología y la psicología. Se me ocurre que la celebración de un XXV aniversario es también una buena ocasión para reflexionar sobre la dimensión económica de la actividad que desarrollamos en la FIB y algunas de sus consecuencias que quizás conviene recordar en los tiempos que corren.

La teoría clásica por excelencia en este ámbito es la *Teoría del Capital Humano* que, aunque superada en muchos aspectos y, a pesar de sus varias limitaciones, tiene la ventaja de proponer un modelo muy intuitivo para entender porqué las personas (o sus progenitores) deciden educarse y porqué la Sociedad mantiene centros de educación, pudiendo ser éste un servicio que fácilmente podría proveer en exclusiva el sector privado.

La Teoría del Capital Humano afirma que la educación es una inversión, no un gasto, y que para su análisis se pueden aplicar las técnicas de análisis de inversión más tradicionales. Y aquí ya podría acabar si estuviese seguro de que el lector seguiría con ánimos de sacar sus conclusiones. Como en toda inversión, la rentabilidad de la misma

viene dada por la relación entre los pagos (o renuncia a ingresos) **presentes** que hay que realizar para conseguir el objetivo, por un lado, y los cobros (o ahorro de pagos) **futuros** que se producirán al conseguirlo, por el otro. Dichos cobros y pagos se actualizan con ciertas fórmulas para que se puedan sumar y restar euros de hoy con euros de dentro de un año o dos o N; pero esto es sólo un tecnicismo que no viene al caso. ¿Cómo explica esto las decisiones que toman nuestros alumnos o sus familiares? En este caso la teoría no está muy lejos de la realidad. Por una parte, estudiar en la FIB supone unos gastos: matrículas, desplazamientos, material educativo, etc. y también unas renuncias a unos ingresos potenciales que el alumno podría obtener de dedicarse a una actividad laboral en lugar de asistir a las clases que se imparten. Por otra parte, al formarse en la FIB, un alumno puede esperar unos ingresos futuros superiores a los que podría obtener de haber abandonado su educación al final del nivel educativo previo, lo que configura los *perfiles salariales por nivel* educativo. Evidentemente, pueden existir dificultades de medida de estas cantidades y una enorme variabilidad de una persona a otra, pero en términos medios se puede medir y, de hecho, mediciones de este tipo se han realizado para el conjunto de estudios universitarios en el Estado español.

Los resultados para el conjunto de titulaciones universitarias arrojan tasas de rendimiento superiores al 15%. Es decir, **mucho mejor invertir en educación universitaria que destinar las mismas cantidades a un fondo de inversión** y mucho menos arriesgado. Resulta interesante destacar que la inversión es más rentable para mujeres que para hombres, por motivos que se pueden deducir fácilmente. No sería nada arriesgado afirmar que si se calculase el rendimiento específicamente para las titulaciones de informática los resultados serían sensiblemente superiores. Es más, si se calculase el mismo dato para los distintos centros que imparten la titulación, el resultado sería altamente interesante y un buen criterio para elegir un centro u otro.

¿Y cómo explica la teoría el interés de la Sociedad por financiar centros educativos? Haciendo el mismo balance entre pagos actuales y beneficios futuros. Los pagos presentes están claros, basta mirar la estructura de los presupuestos de las Administraciones que financian estos centros, o de las propias universidades. Ahora

bien, los ingresos futuros que obtendrá la Sociedad son menos objetivos o, más precisamente, más difíciles de cuantificar. Pero hoy, no sólo nadie duda de la importancia estratégica del capital humano de un país, sino que decir esto está pasado de moda. Lo cual no quiere decir que los gobernantes actúen siempre en consecuencia.

En qué consiste esa “importancia estratégica”: en el hecho de que el principal insumo de las empresas en la economía actual es la materia gris, el conocimiento y las ideas que conducen a la innovación, la competitividad internacional y la generación de riqueza para todos. ¿Cuánto valen los empleados de Microsoft, NOKIA, SUN, IBM, etc. para la Sociedad? ¿Cuánto bienestar, empleos directos e indirectos y riqueza para todos en definitiva han contribuido a generar? ¿Con cuántos impuestos –IRPF, IVA e impuesto de sociedades, IAE,... - han contribuido a las arcas del Estado? Pero hay más, unos ciudadanos bien educados, cuidan mejor su salud y generan menos gastos sanitarios, tienen menor tendencia al crimen, mejor comportamiento cívico, mayor sentido crítico y contribuyen a construir una sociedad más participativa, y un largo etc. Al menos en teoría parece sensato afirmarlo.

Todo ello es difícil, por no decir imposible, de cuantificar y, por tanto, caben distintas opiniones al respecto de su importancia e intensidad: del grado en que la educación devuelve a la Sociedad las inversiones que en ella realiza. Si esto se pudiese cuantificar con precisión, no tendrían cabida las opciones políticas al respecto. Opciones más progresistas se inclinan a pensar que facilitar el acceso a la educación, no sólo es un derecho, sino que es rentable para todos y contribuye a la movilidad entre estratos socio-económicos. Opciones más conservadoras se inclinarían a pensar que desincentivar la educación pública contribuye a perpetuar los privilegios de clases, ya de por sí privilegiadas, que pueden costear la educación privada de calidad para sus retoños. Y entre medio seguramente existen muchos tonos de gris, como financiar superiormente opciones que se constituyen elitistas por medio de una oferta de plazas muy restringida; es un mecanismo indirecto pero efectivo. Finalmente las decisiones las toma la Administración y a sus gestores los elige periódicamente la Sociedad.

Hasta ahora hemos hablado poco del papel de las empresas, la Teoría del Capital Humano no las tenía mucho en cuenta, pero es fácil aplicarla. Pongamos como ejemplo los perfiles profesionales de consultor y desarrollador de SAP R/3 (un sistema de gestión empresarial líder en el mercado). En los últimos cuatro años, la escasez de personas con formación en este ERP y la avidez de las empresas para proporcionarse estos recursos humanos ha sido tal, que han estado dispuestas a financiar masivamente y carísimamente la formación de *juniors* recién contratados o a “robarse” los *seniors* unas a otras mediante ofertas salariales que llegaban a ser desorbitadas.

¿Qué hubiesen ganado las empresas de haber dispuesto de abundancia de personal con formación en SAP?. Las compañías proveedoras de servicios hubiesen tenido costes salariales más admisibles, hubiesen podido servir más clientes y proyectos y hubiesen tenido muchos menos sobresaltos y problemas con sus clientes, los cuales han llegado a ser graves en ocasiones no excepcionales. Las compañías clientes, muchas medianas y grandes empresas que han implantado estos sistemas, hubiesen tenido proyectos menos costosos, de menor duración y con impactos mucho menos duros en su organización y quizás se hubiese evitado algún infarto. Posiblemente también hubiesen obtenido implantaciones de sistemas de mayor calidad y con menos problemas posteriores. Todos estos factores se traducen en muchos millones de euros, muchos. Y este es sólo un ejemplo.

¿No parece sensato, y rentable desde un punto de vista puramente empresarial, que las compañías que más provecho pueden sacar de nuestros titulados y de su formación contribuyan a financiar su educación? Al fin y al cabo estamos hablando de inversiones altamente rentables. Algunas compañías, pocas en mi opinión, así lo han empezado a ver y contribuyen de distintas formas, aunque con una visión todavía muy a corto plazo y poco inversora.

No es extraño que las Aules d’Empresa sean todo un éxito de participación empresarial en su ya 5ª edición, puesto que estas compañías están contribuyendo a formar a futuros empleados o incluso clientes. Tampoco es extraño que algunas compañías se

animen a participar en la movilidad internacional de estudiantes, ofreciendo becas para la realización de proyectos finales de carrera en sus sedes en distintas ciudades. Ni tampoco su asistencia al Forum FIB que organizan los estudiantes. Ni que proporcionen licencias de sus productos como soporte a la formación de nuestros estudiantes, etc.

No es extraño, en definitiva, que algunas empresas muestren progresivo interés en los últimos años por asomarse a la ventana universitaria de distintas formas. Falta mucho camino por recorrer, conocimiento mutuo y la construcción de los espacios para colaborar conjuntamente en la planificación del beneficio mutuo no sólo a corto plazo. Pero algunas empresas ya han empezado a realizar sus cálculos, su análisis de la inversión.

Celebremos este XXV aniversario con la esperanza también de que los distintos agentes hagan sus cálculos correctamente.



## Ulises Cortés

exvicedegà

Llegué a la FIB hace 19 años y desde entonces esta se ha convertido en una segunda casa donde, a lo largo de estos años, he ido haciendo un poco de todo: desde redactor ocasional en el primer pasquín informativo que se llamaba *fiblades* a jugador del primer equipo de balonmano (1984) que ganó la primera copa deportiva de la FIB, pasando por haber participado en el famoso “*volem jardí*”. Pero de entre estas aventuras, la más interesante fue la que me encargó Pere Botella de organizar las relaciones internacionales de la Facultat en 1993 y cuyo período terminó en 1998.

Esta tarea era en sí misma un reto muy importante, ya que se trataba de promover la imagen académica de la FIB y de la UPC en Europa, con el fin de atraer el interés de otras Universidades para intercambiar alumnos dentro del programa ERASMUS de la UE. Así que la tarea consistía, por un lado, en diagnosticar los puntos fuertes de nuestra oferta académica para ofrecerlos y en convencer a nuestros profesores de que deberían aceptar alumnos extranjeros en sus cursos y, por otro lado, decidir qué socios eran los adecuados y qué tipo de intercambio era el más apropiado para nuestros alumnos, además de decidir el tipo de reconocimiento que tendría dentro de nuestro plan de estudios. Esto que hoy parece obvio y natural no fue una tarea nada fácil. Además, al mismo tiempo, la propia UPC comenzaba a definir sus alianzas académicas y su política de relaciones internacionales, lo que permitió que los planes que hacíamos desde la FIB contasen con vientos favorables pero también implicaba que se adolecía de la infraestructura adecuada y de la experiencia necesaria.



Otro reto importante fue el de convencer a nuestros estudiantes de la importancia de completar su formación en el extranjero, no sólo en otras universidades sino también en empresas, la importancia del conocimiento de lenguas extranjeras y del concepto de Europa que subyace en el programa SÓCRATES/ERASMUS. Las ayudas eran escasas pero aún así los alumnos se fueron convenciendo de la bondad del programa y de la calidad de las experiencias. Fue el *boca-a-boca* lo que creó grandes expectativas entre nuestros estudiantes. Hay que decir que en sentido inverso esta forma de publicidad funcionó y funciona: muchos extranjeros quieren venir por la calidad académica de la FIB, la magnífica recepción que reciben los alumnos en nuestra escuela y, también, porqué no decirlo, la calidad de vida que ofrece Barcelona.

La calidad humana y académica de nuestros alumnos ha sido y sigue siendo la mejor carta de presentación de la FIB. En la gran mayoría de los casos nuestros estudiantes se han adaptado a las condiciones académicas y sociales de las instituciones receptoras y muchos han optado por quedarse y hacer carrera fuera.

Entre los éxitos más importantes de la política de relaciones internacionales de la FIB fue el de participar de forma muy directa en la negociación para que la UPC ingresase en CLUSTER<sup>1</sup>, la firma de los primeros convenios de doble titulación y la decidida aceptación del sistema de acreditación europea ECTS para regular en lo posible el intercambio académico en Europa. De hecho la primera Guía ECTS de la UPC fue la de la FIB publicada por la UPC en 1999.

Esta actividad no se limitó al intercambio de estudiantes; en el marco de las relaciones académicas con otras universidades la FIB ha participado de forma activa en la organización de diversas actividades académicas de intercambio, durante el verano, como los cursos de master *Know-Europe* organizado por la École Supérieure de Commerce Le Havre (ESC Normandie) y la Summer School organizada por Georgia Tech.

---

1. <http://www.cluster.org>

Una parte muy importante del éxito de estas iniciativas se debe, sin duda, al entusiasmo y eficacia del personal de la FIB que en todo momento colaboró para hacer posible lo imposible.



**Josep Escoda**  
estudiant de Doctorat

### "Tercer cicle, les preguntes més freqüents...?"

M'han demanat que intenti reflectir en aquest escrit què representa per a mi cursar els estudis de doctorat, i potser la millor manera d'explicar-ho és contestant al conjunt de preguntes més freqüents que m'he trobat, les meves *FAQ*.

Bé, suposo que ja heu deduït que sóc enginyer informàtic, un *fiber* per a ser exactes. Doncs aquí les teniu, les *FAQ*...

**- "El doctorat?, però encara tens ganes de seguir estudiant després de la carrera?, ja saps que no val per a res, no?"**

Aquestes reaccions són les que em vaig trobar quan finalment vaig decidir seguir els meus estudis i realitzar un tercer cicle.

Quan vaig entrar a estudiar a la Facultat d'Informàtica de Barcelona, la que tots coneixem com " la FIB ", el meu interès se centrava en acabar la carrera **d'enginyeria informàtica** i poder trobar un lloc de treball d'acord amb les meves ambicions. Suposo que, com tothom en començar la carrera, pensava en un lloc de treball on tractés temes que m'agradessin i que, a més, fos ben remunerat.

Qui no recorda el seu primer dia de classe?: “que vol dir això de ‘... grup 10 pràctiques A25101...’? Ah!, ara entenc que el dia de la matrícula em fessin escollir un número amb cada assignatura, resulta que és el grup..., per sort he escollit el mateix per a totes...” Afortunadament, encara que en principi ens semblava impossible, tots sobrevivim a aquests primers dies de la carrera, i seguim endavant.

Què deu passar durant els anys de carrera perquè, en acabar, algú prefereixi seguir estudiant amb l’ajut d’una beca de “subsistència” a dedicar-se a aquell treball tan ben remunerat? La resposta a aquesta pregunta no la conec, perquè varia en cada persona, però del que sí que puc parlar és de les ganes de seguir aprenent i descobrint coses noves que actualment m’envaeixen.

La meua situació actual és la d’estudiant de tercer cicle del programa d’**informàtica industrial del Departament d’Enginyeria de Sistemes, Automàtica i Informàtica Industrial** (dit d’altra manera, l’ESAI). Aquest tercer cicle, el doctorat, consta de tres fases diferents:

En primer lloc, s’han de realitzar els **crèdits lectius** de tot programa de doctorat. Aquí és on em trobo jo; és a dir, que ara mateix estic fent un conjunt d’assignatures relacionades amb el meu programa. La veritat és que no hi ha gaire diferència entre aquestes matèries i les últimes assignatures de la carrera, tot i que les del doctorat estan més orientades a fomentar l’esperit d’investigació; és el que jo anomeno ‘aprendre a buscar-se la vida. Aquesta primera fase del doctorat té com a important missió dotar-nos d’eines per tal de poder realitzar l’objectiu final del cicle, la tesi doctoral.

Entre els crèdits lectius i la tesi hi trobem un pas intermedi, la segona fase, els **crèdits d’investigació tutelats**. Personalment, penso que aquesta és la part més engrescadora del tercer cicle, perquè és on realment aprens a desenvolupar-te en el món de la ciència, sempre amb el suport del teu tutor, que té com a missió orientar-te en la realització del teu treball.

La culminació d'aquesta etapa intermèdia ens porta a la realització d'un projecte de tesi: es fa un estudi sobre la viabilitat del tema central de la nostra tesi i de com podem desenvolupar-la.

I finalment, ens queda l'última fase, la **tesi doctoral**, tot un treball personal d'investigació, teòrica o aplicada, però que en qualsevol cas t'ha de convertir en un expert en un cert tema, el que serà l'eix central de la teva tesi. És aquesta fase la que provoca que el tercer cicle s'acabi en tres, cinc o més anys...

**- “Què hi fa un enginyer informàtic allargant més els seus estudis quan podria estar fent d'analista de projectes informàtics o dirigint un grup de treball?”**

Aquesta pregunta la podria fer qualsevol estudiant de la FIB si li expliqués tot el que jo us he explicat en l'apartat anterior sobre el doctorat. Crec que actualment hi ha una visió massa tancada de què és l'enginyeria informàtica i quines possibilitats ofereix. Uns anys d'estudi (més que no pas un títol) ens acrediten com a experts en una de les eines més potents per al desenvolupament que actualment existeixen, la **programació**. Amb aquesta eina, i el coneixement que en tenim, som capaços de realitzar qualsevol cosa.

El primer que es troba un *fiber* (un estudiant de la FIB, per entendre'ns) quan comença el doctorat, sobretot en programes que es troben fora de l'àmbit informàtic clàssic, és una mancança notable en el terreny del càlcul i l'anàlisi matemàtica. Això es deu al fet que durant els anys de carrera cada cop s'orienten més les matemàtiques cap a les aplicacions típiques de la informàtica (teoria de grafs, àlgebra, etc.), deixant de banda temes importants per a un enginyer com el tractament del senyal o les cinemàtiques complexes. Aquesta és, almenys, la visió que tinc des del punt de vista del meu programa de doctorat, on som pocs informàtics i molts enginyers industrials.

El motiu d'aquests buits de contingut és que els programes de doctorat sempre solen estar a cavall entre diverses carreres; per això hi ha matèries referents a diferents estu-

dis. En el meu cas, però, aquestes mancances matemàtiques es difuminen quan es passa del món conceptual al món real i tots els desenvolupaments s'han de programar sobre un determinat *maquinari*.

Això vol dir que els *fibers* també podem optar a doctorats no orientats totalment al *programari*; i podeu estar segurs que estem totalment preparats per fer-ho. La informàtica és un camp molt més ampli que la programació...

Això sí, el doctorat requereix un esforç important i es fa difícil compaginar-lo amb un treball a temps complet; per aquest motiu és important poder comptar amb el suport d'una beca, especialment a l'hora de fer la tesi, ja que això et permet concentrar-te totalment en les investigacions que estàs realitzant.

#### - ***"I val la pena fer el doctorat?"***

Amb aquesta pregunta entrem dins d'un terreny més personal; la resposta dependrà dels interessos de cadascú. Actualment, el món de l'empresa privada no valora gaire aquest títol; les tasques usuals que realitzen aquestes empreses no requereixen un doctor, i un enginyer amb experiència és molt més vàlid que un doctor neòfit en un determinat tema. Tot i això, moltes empreses punteres busquen la col·laboració de la universitat (normalment de doctors) quan han d'abordar temes d'investigació. Tots sabem que en aquest país es destinen pocs fons a la investigació; per tant, la col·laboració amb l'**empresa privada** és una sortida immillorable per a un doctor. Però no tot es redueix a col·laborar amb una empresa. Una altra bona sortida, si es tenen aptituds i motivació suficient, és la **docència**.

#### - ***"Això de fer una tesi deu ser molt difícil, no?"***

Com ja he comentat anteriorment, la tesi doctoral representa la culminació d'una investigació, un treball que fa una nova aportació en algun camp científic relacionat amb l'àmbit del programa de doctorat propi.

En el moment de començar el treball no ve tot de nou, perquè ja es té una certa experiència en la temàtica que s'ha d'abordar, ja que abans s'ha hagut de realitzar el projecte de la tesi. Per tant, l'estudiant, en el moment d'encarar-se amb la tesi doctoral, està convençut de la factibilitat d'allò que està a punt d'iniciar. Si hom és capaç de mantenir la motivació, només caldrà que investigui, experimenti i, sobretot, aprengui tant com pugui per tal de convertir-se en un veritable expert en el tema.

Tots els estudis d'investigació són complexos, ja que ens movem per un camp *a priori* desconegut i on pocs hi han entrat. S'ha de tenir mentalitat "d'aventurer" i eliminar la mandra de contrastar opinions i revisar una i altra vegada el que s'està fent; és imprescindible tenir esperit crític amb un mateix. Com ja he comentat, en aquesta tasca sempre es pot comptar amb el suport del tutor, que pot exercir de guia en els moments de crisi.

### - "**Sembla molt important això de ser doctor...**"

Evidentment el títol acreditatiu del doctorat és el reconeixement com a *doctor*, però crec que la veritable importància de ser doctor rau en haver estat capaç de generar coneixement, és a dir, d'haver fet, per modesta que sigui, la nostra pròpia aportació a la ciència.

Igual que en el cas d'un enginyer que presenta el seu projecte de final de carrera, la presentació de la tesi i l'acreditació com a doctor és la culminació d'un intens treball, i un reconeixement a tot l'esforç realitzat, a la superació personal.

Hi ha, tanmateix, un reconeixement anterior a l'obtenció del doctorat: el DEA o **Diploma d'Estudis Avançats**. És obligatori tenir aquesta acreditació abans de començar la tesi. El DEA et reconeix com a persona apta per a la investigació i, per obtenir-lo, un tribunal ha d'aprovar l'estudi de la viabilitat de la tesi, així com els crèdits de treballs tutelats realitzats durant els cursos de doctorat.



***- "I com és el teu pla de doctorat?"***

Com ja he comentat, el meu programa de doctorat és el d'informàtica industrial del Departament d'Enginyeria de Sistemes, Automàtica i Informàtica industrial (ESAI). Aquest pla intenta oferir al **doctorand** (l'aspirant a doctor) una visió de com la informàtica pot ajudar el món industrial, i ofereix la possibilitat de poder realitzar investigacions que donin noves aportacions en aquest àmbit.

El pla abraça un gran nombre de possibilitats i temàtiques molt unides entre si: robòtica, control, visió per computador, etc. Com es pot deduir, és un pla de doctorat amb una total aplicació pràctica, la qual cosa encara el fa més atractiu.

***- "I quin tipus de gent fa el doctorat?"***

Som un conjunt de gent molt variat els qui cursem estudis de tercer cicle, però tots tenim més o menys les mateixes motivacions, ens agrada investigar i fem l'esforç de treballar mitja jornada o ajudar-nos de les beques per poder seguir estudiant. La mitjana d'edat dels doctorands, almenys en el meu àmbit, no és gaire elevada, entre els 25 i els 30 anys, de la qual cosa se'n dedueix que no fa gaire anys que hem acabat la carrera.

Un nombre important d'estudiants són estrangers, la gran majoria sud-americans o d'Amèrica central, gent de països com Colòmbia, Mèxic, Venèçuela, etc. Però també hi podem trobar gent d'altres països europeus, encara que normalment d'un nivell científic inferior a l'espanyol, rarament hi trobarem un estudiant alemany o anglès.

Aquest conjunt de gent enriqueixen els cursos de doctorat amb la seva visió personal, perquè provenen de carreres que no tenen res a veure amb les d'aquí, ja que la forma d'ensenyar és molt diferent a cada país. Comentar i contrastar l'estat de la investigació en altres països és un exercici molt recomanable.

***- "Bé, llavors és recomanable realitzar el doctorat?"***

Finalment, i com a opinió personal, sols em queda animar-vos a realitzar els estudis de tercer cicle, almenys aquells a qui us mogui un esperit d'investigació i de descobriment. No us faci por tornar a començar. Ànims, que els *fibers* encara tenim moltes coses a dir!





**Fernando Orejas**

exvicedegà

### **Mi periodo como vicedecano de Investigación**

Pocos días después de mi llegada a la FIB, en octubre de 1980, el entonces Decano, Ramón Puigjaner, me preguntó si creía que una cierta persona podía ser un buen vicedecano de investigación. Mi respuesta fue que me imaginaba que sí, pero que, en realidad, no sabía qué tenía que hacer un vicedecano de investigación. Todavía hoy, después de haberlo sido, no lo tengo muy claro. Especialmente, teniendo en cuenta la falta de recursos existente en aquellos momentos.

Fui vicedecano de investigación con Mateo Valero bastante poco tiempo: entre mayo de 1984 y abril de 1985. La situación de la investigación en la FIB, en aquellos momentos, en lo que recuerdo, era todavía bastante pobre: teníamos pocos recursos, éramos poca gente formada y la mayor parte de nosotros estábamos todavía aprendiendo a dirigir y formar a otras personas.

Tengo pocos recuerdos de mi actividad como vicedecano en esa etapa. Sólo recuerdo dos tipos de actividad directamente ligada a mi cargo. Por una parte, tuve que realizar alguna actividad de "relaciones públicas" (dar alguna charla ante representantes de alguna empresa). Por otra, tenía que ejercer de "garante" de la calidad de las tesis doctorales que se presentaban en la FIB. En este sentido, mis recuerdos no son muy buenos.

Algún tiempo antes de nuestra llegada al decanato, había habido un cierto movimiento en la FIB para que se cuidara la evaluación de las tesis. Esto quería decir que las tesis que se presentaran debían ser suficientemente buenas y que, al final, debían de recibir una nota acorde a su calidad (no todas cum laude). El problema es que no se arbitraron medios objetivos para que esto se pudiera hacer bien. Si una tesis era aceptable o no, si era buena o menos buena, dependía del vicedecano de turno o, más a menudo, simplemente de la "vox populi". Después, aunque una tesis "fuera considerada" no merecedora del cum laude, obviamente, podía recibirlo porque el tribunal hiciera caso omiso. Como esto no podía durar mucho, el tema fue olvidado poco después. La consecuencia fue, por una parte, que algunas personas (de forma seguramente injusta en muchos casos) se quedaron sin el cum laude cuando otras tesis similares o peores lo recibieron y, por otra, que los vicedecanos de investigación de la época pasáramos unos malos ratos recibiendo presiones de todas partes.

Mi otro recuerdo de esa etapa hace referencia, no a mi actividad como vicedecano de investigación, sino como miembro del equipo decanal. Especialmente recuerdo la reunión tormentosa del equipo decanal con el equipo rectoral de la UPC para obtener los recursos que necesitábamos, con los estudiantes manifestándose fuera. En aquella reunión aprendí lo que es ser un negociador duro (algo que me temo que nunca he podido ser). En esa reunión, muy tensa dadas las circunstancias, después de una discusión larga, finalmente, el equipo rectoral aceptó prácticamente todas nuestras peticiones. Entonces, Mateo pidió que constara por escrito, ya que no se fiaba. El rector argumentó de todas las formas posibles para que esto no se hiciera, porque si se hacía otros centros se enterarían y se podría generar un agravio comparativo. Además, resultaba en cierto modo ofensiva la falta de confianza. Yo pensaba que a Mateo le había salido su vena maña ("chufla, chufla, ...") y que lo iba a echar todo a rodar. Para mi sorpresa, después de que la escalada de tensión llegara a su punto álgido, Ferraté nos pidió que saliéramos de la sala para que el equipo rectoral pudiera discutir la situación sin nuestra presencia. Al cabo de un rato, nos llamaron y nos dijeron que aceptaban dejarlo todo escrito y rubricado.

**Enric Trillas**

exvicedegà

## Records vagues del naixement de la Facultat d'Informàtica

1. Els anys mil nou-cents setanta foren alhora difícils, terribles i apassionants. Pel maig del setanta quatre vaig treure les oposicions a càtedra i la tornada amb cotxe cap a Barcelona des de Madrid, d'unes deu hores, va estar enterbolida per l'angúnia d'unes execucions esgarrifoses. L'any anterior havien assassinat l'almirall Carrero Blanco i recordo l'esglai que a mi i a la meva família ens va produir, un capvespre d'estat d'excepció, un guarda civil que amb capa, tricorni i fusell metrallador, ens va aturar enmig de la boira a una cruïlla de carreteres a la vora d'El Vendrell.

L'any següent es va produir l'agonia del general Franco i després el govern d'Arias Navarro que cavalcà entre el dictador i el Rei. Un govern en el qual Gabriel Ferraté va ésser-hi un any, primer com a director general d'universitats i després, segons crec, com a primer director general de recerca. És molt possible que sense la presència d'en Ferraté a aquell govern les facultats d'informàtica haguessin trigat molt més a néixer. Recordo que l'Eduard Bonet i jo decidírem anar a Madrid a la seva presa de possessió del càrrec; fou la primera vegada que vaig estar al Saló Goya del Ministeri d'Educació, lloc en el qual més endavant vaig estar-hi molts cops, i on es va produir una anècdota que val la pena explicar. En Fabià Estapé, que també hi era, ens va preguntar de sobte "Què hi feu aquí? Què potser sou ferrateristes vosal-

tres?”, unes preguntes a les quals, sorpresos, contestàrem alhora “Miri, nosaltres, és que... sap... passàvem per aquí!”.

Varen ésser temps complicats en què a l'aleshores a la Universitat Politècnica de Barcelona es crearen les Escoles d'Arquitectura del Vallès, d'Enginyers de Telecomunicacions i d'Enginyers de Camins, així com la Facultat d'Informàtica. Jo vaig tenir l'honor d'encarregar-me de la direcció inicial de l'Escola del Vallès (aleshores Secció Delegada de la de Barcelona), d'ésser un dels primers professors de la de Telecomunicacions (encara que per poc temps i gràcies al Dr. Julián Fernández), i també vicedegà de la Facultat quan es va crear oficialment. D'aleshores ençà, però, han passat tantes coses que sovint la meva memòria s'embolica tota sola i em fa barrejar records. Amb tot, miraré d'esbrinar-ne alguns relatius a la gènesi de la FIB.

2. Les persones que d'immediat m'han vingut a la memòria en intentar escriure el que segueix han estat Gabriel Ferraté, Martí Vergés, Ramon Puigjaner i jo mateix. Unes persones que se'm fan presents ensems amb el record bromós d'unes llargues vetllades a casa del primer, a la Via Augusta de Barcelona, que començaven havent sopat i s'acabaven a altes hores de la matinada, bo i discutint si Escola Tècnica Superior d'Informàtica (el que nosaltres volíem) o si, per tal de donar peixet als qui volien una altra cosa, Facultat d'Informàtica que és com es varen anomenar finalment els nous centres universitaris creats per Reial Decret. És clar que també discutíem aspectes de funcionament i d'organització i, de tant en tant, fèiem alguna excursió a la fantàstica col·lecció de llibres de poesia catalana antiga (i també d'altres coses) d'en Gabriel.

Pas que recordo l'època exacta d'aquestes reunions, però deuria ser entre l'hivern i la primavera de 1976. El que recordo clarament, fins i tot massa pel que diré tot seguit, és la matinada en què, al dictat d'en Martí, vaig mecanografiar el darrer esborrany del Decret que, urgentment, en Gabriel havia d'endur-se'n cap a Madrid per tal de passar els últims tràmits abans d'ésser aprovat pel Consell de Ministres. Un esborrany al qual li havíem fet els darrers “retocs” possibles.

He dit *massa clarament* car no sé ben be on ho vaig escriure; em sembla que no va ser a casa d'en Ferraté i tinc un record somort que fou al Centre de Càlcul de la Universitat, del qual en Martí n'era el director. Diria que vàrem anar-hi molt tard de nit i que, un cop la feina fou feta retornàrem a casa d'en Ferraté qui, molt poc després, prenia l'avió cap a Madrid (deuria ser el primer vol del Pont Aeri). De fet, l'únic que la memòria em retorna és a mi mateix escrivint, amb llum artificial, el que en Vergés m'anava dictant dempeus al meu costat.

3. Crec que la darrera d'aquestes reunions, de les quals me'n queda un pòsit agradable i amical, (i de les quals també recordo la gentilesa amb què la senyora Ferraté ens havia portat alguna vegada unes tasses de cafè) va ser una en què, ja creada la Facultat oficialment, i decidit que començaria la seva activitat pel tercer cicle, en Gabriel va proposar que jo fos el primer degà. Una proposta que vaig agrair molt, i que potser tants anys després encara agraeixo més, però que no vaig acceptar amb un doble argument: que jo era fora del món professional de la informàtica (argument que creia seriós pensant que ben aviat caldria formar professionals), i que em semblava important que el degà fos un enginyer (el que aleshores i a Barcelona volia dir un enginyer industrial) tenint en compte el món de les empreses on, previsiblement, anirien a treballar els primers llicenciats en informàtica. Aquests arguments, amb una certa recança d'en Gabriel, es van acceptar i crec que fou en Ramon Puigjaner que suggerí en Manuel Martí Recober com a degà; una proposta que tots acceptàrem d'immediat. Per la meua part, vaig acceptar fer de vicedegà, encarregat de la recerca i de buscar part del professorat per tal d'iniciar les activitats docents.

Poca cosa recordo de les primeres activitats docents. Recordo, per exemple, que a la Facultat s'estrenà en Josep Maria Terricabras com a professor de tercer cicle amb un curs sobre el *Tractatus* de Wittgenstein; que jo vaig donar el primer curs de doctorat de la meua vida sobre conjunts borrosos i que, quan van començar a estar enllestides les primeres tesis doctorals, es van haver d'anar a llegir a la Facultat de Sant Sebastià per alguna dificultat legal que impedia que fossin llegides a Barcelona.



Fins aquí els pocs records que, amb l'intent d'atendre la gentil demanda d'en Ramon Nonell, he aconseguit treure de la memòria que em queda de com va començar a viure aquesta criatureta que ara ja té vint-i-cinc anys, i que inicià les activitats al darrere d'on ho feu l'Escola de Camins. Ells eren a un antic palau, nosaltres a les seves antigues cavallerisses. Tant de bo si aquests records només tenen la inexactitud que els pot donar llur vaguetat.

4. A més de tot això varen succeir, a Barcelona i sobretot a Madrid, moltes altres coses de les quals vaig sentir-ne parlar però que no vaig viure directament. Algunes em semblaren una guerra de guerrilles i d'influències amb un grup de físics que, a Madrid, comandava el professor García Santesmases, sens dubte un pioner dels ordinadors i la informàtica a Espanya.

Tants anys després, penso que cal reconèixer la decisió i l'habilitat d'en Gabriel Ferraté per tal que a Catalunya ni haguessin més centres d'enginyeria superior. Si no li han donat, i encara que només fos per això, es mereix una medalla; fins i tot, dues. Vull dir que si ja li'n han donat una, podrien donar-li'n una altra. Crec que ningú no li podrà regatejar mai, entre d'altres, aquest èxit. No sé què en pensen en Martí Vergés i en Ramon Puigjaner; jo penso que, de la meva part, només el vaig ajudar una mica.

Amb el desig que els propers vint-i-cinc anys siguin, encara, qualitativament millors que els passats: LLARGA VIDA A LA FIB!

ET

Brunete (Los Rosales), 1-1-2002

